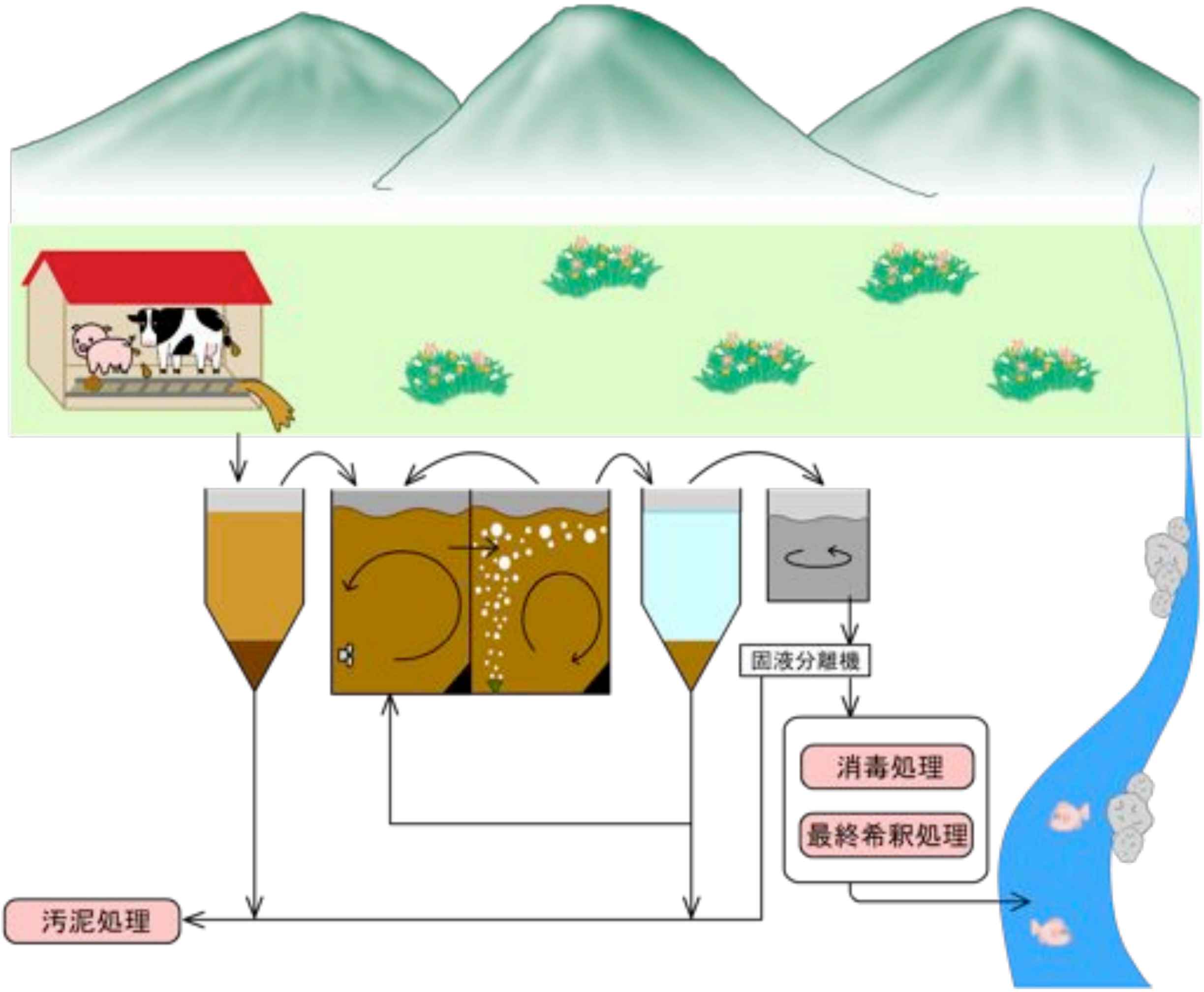
日本中央競馬会
特別振興資金助成事業

畜舎汚水浄化処理施設
窒素対応管理マニュアル

（硝酸性窒素等対応高度管理技術について）平成26年1月修正版



平成 25 年 3 月

LEIO Livestock Industry's Environmental Improvement Organization

財団法人　畜産環境整備機構

まえがき

平成11年11月に「家畜排せつ物の管理の適正化および利用の促進に関する法律」が施行されて以降、家畜排せつ物の適正な管理を行うための処理施設の整備が進められてきました。

また、平成13年7月には「水質汚濁防止法」による河川などの公共用水域への排水に対する規制項目に「硝酸性窒素等」が追加され、畜産農業については即座に対応することが困難とされたことから、緩和措置として、暫定排水基準値が設けられています。この暫定排水基準値は、3年おきに見直されており、環境に対する関心の高まりとともに、今後はより厳しい一般排水基準値に向けて移行することが予想され、畜産業界として真剣な取り組みが求められています。

汚水処理施設の維持管理には一定の技術が必要とされるために、必ずしも適切な管理ができておらず、処理施設がもつ本来の機能が発揮できていない状況も見受けられます。

本マニュアルは、畜産経営における汚水処理に広く利用されている活性汚泥法による汚水浄化処理施設の管理技術について、畜産農家向けにわかりやすく解説した「畜産農家のための汚水浄化処理施設窒素対応管理マニュアル」を指導者向けに解説したものです。畜産農家の指導者などに、窒素に対応するための管理技術の基礎を普及することにより、汚水浄化処理施設の適切な維持管理への取り組みを促し、排水中の硝酸性窒素等の低減を図ることにご活用いただければと思います。将来にわたり、畜産経営を安定的に継続していくためには、環境対策の励行が不可欠であり、本マニュアルが、その一助となれば幸甚であります。

平成25年3月

財団法人　畜産環境整備機構

理 事 長　　堤　　英 隆

修正箇所について

初版（平成25年3月発行）からの主要な修正部分は、以下のとおりです。

頁	行	修正前	修正後
9		2004年には暫定排水基準値が1,500mg/ℓから900mg/ℓに引き下げられたものの、その後3年ごとに見直しが行われる中で900mg/ℓが延長され続けて現在に至っている（表2-1）。	2004年に暫定排水基準値が1,500mg/ℓから900mg/ℓに引き下げられ、その後3年ごとに見直しが行われる中で2013年に700 mg/ℓに引き下げられて現在に至っている（表2-1）。
10	上の表	（新しい暫定排水基準値の追加）	2013年7月～2016年6月 700mg/ℓ
11	表	（硝酸性窒素等について） 900mg/ℓ （暫定：2013年6月末まで）	700mg/ℓ （暫定：2016年6月末まで）
11	表	（閉鎖性海域の窒素とリン） 豚房施設は暫定排水基準値が適用され190mg/ℓ＜150mg/ℓ＞ （暫定：2013年9月末まで） 豚房施設は暫定排水基準値が適用され30mg/ℓ＜24mg/ℓ＞ （暫定：2013年9月末まで）	豚房施設： 170mg/ℓ＜140mg/ℓ＞ （暫定：2018年9月末まで） 豚房施設： 25mg/ℓ＜20mg/ℓ＞ （暫定：2018年9月末まで）
11	表脚注	上乗せ基準	上乗せ排水基準
まえがき，14，15，137		一律排水基準	一般排水基準

目　　次

第1章　このマニュアルの使い方

1．本書の目的……3
2．本書で用いる用語について……3
3．本書の構成……7
4．本書による管理を行う上での注意事項……8

第2章　窒素対応の必要性

1．硝酸性窒素等を規制する理由……9
2．硝酸性窒素等の規制内容……9

第3章　飼料から放流までの窒素の流れ

1．豚が排出する窒素……13
2．牛が排出する窒素……15
3．畜舎から堆肥化処理および浄化処理への窒素の流れ……17
4．畜舎汚水の一次処理における窒素除去……18
5．一次処理と二次処理における窒素の流れ……19

第4章　窒素除去の原理

1．BODやSSの除去と窒素の除去の違い……21
2．飼養管理による窒素排出量の低減……21
3．一次処理における窒素の除去……22
4．二次処理における窒素の除去……26
5．三次処理における窒素の除去……28

第5章　飼養管理での管理指針

1．養豚における飼料の質による汚水成分の制御と変化への対応……35
2．酪農における飼料の質による汚水成分の変化への対応……36
3．養豚におけるこぼれ餌の制御……36
4．酪農におけるこぼれ餌の制御……42

第6章　一次処理での管理指針

1．畜舎内分離……43
2．貯留槽……50

3．沈砂槽……………………………………………………………………………………51
4．固液分離機………………………………………………………………………………51
5．最初沈殿槽………………………………………………………………………………59
6．凝集分離設備 ……………………………………………………………………………61

第7章　二次処理での管理指針

注意事項 ………………………………………………………………………………………69
測定結果をもとにした対処方法について………………………………………………69
1．沈殿分離による連続式活性汚泥法（間欠曝気なし）…………………………77
2．膜分離による連続式活性汚泥法（間欠曝気なし）……………………………80
3．沈殿分離による間欠曝気付き連続式活性汚泥法………………………………81
4．膜分離による間欠曝気付き連続式活性汚泥法 …………………………………85
5．回分式活性汚泥法（間欠曝気や脱窒攪拌のないもの）………………………87
6．神奈川方式（BOD方式）活性汚泥法……………………………………………91
7．間欠曝気付き回分式活性汚泥法（汚水分割投入なし）……………………101
8．間欠曝気付き回分式活性汚泥法（汚水分割投入あり）……………………103
9．脱窒攪拌付き回分式活性汚泥法…………………………………………………105
10．複合ラグーン法…………………………………………………………………107
11．沈殿分離による循環式硝化脱窒法 ……………………………………………113
12．膜分離による循環式硝化脱窒法………………………………………………117

第8章　三次処理での管理指針

1．BOD源の添加による脱窒施設……………………………………………………119
2．硫黄酸化細菌を利用した脱窒施設 ………………………………………………119

第9章　簡易測定キット

1．簡易測定キットを使用する目的…………………………………………………121
2．簡易測定キットの概要 ……………………………………………………………121
3．使用に当たっての注意事項………………………………………………………122
4．測定前の準備………………………………………………………………………123
5．処理水の採取………………………………………………………………………127
6．測定の手順…………………………………………………………………………129
7．測定値の見方………………………………………………………………………131

参考文献

第1章　このマニュアルの使い方

1．本書の目的

本書は、畜産農家の汚水浄化処理施設を対象に、硝酸性窒素等の排水基準に対応した適切な管理を普及することを目的としたものである。硝酸性窒素等の排水基準に対応するためのマニュアルとして、本書を含めて3冊を提供している。

①「畜産農家のための汚水浄化処理施設窒素対応管理マニュアル」
②「畜舎汚水浄化処理施設窒素対応管理マニュアル」
③「豚舎汚水浄化処理施設窒素除去評価マニュアル

①は、硝酸性窒素等の排水基準に対応する管理技術を畜産農家に普及するものである。汚水浄化処理施設の管理の基本を畜産農家に普及する「畜産農家のための汚水処理施設管理マニュアル」（平成22年）を実践していることが前提となっているため、後半に第２部として同様の内容を掲載している。②は本書であり、①を解説した内容であり、普及員や指導員を対象としたものである。③は、養豚農家に限るが、汚水浄化処理施設が硝酸性窒素等の排水基準に対応する能力があるかどうかを評価するためのソフトウエアを紹介する内容である。これら3冊をセットとしてご活用いただきたい。

畜産環境技術研究所のホームページでは、これらのマニュアルを含めた、各種情報を閲覧、視聴、ダウンロードできるので、ご利用いただきたい。

http://www.chikusan-kankyo.jp

2．本書で用いる用語について

(1) 硝酸性窒素等

水質汚濁防止法の排水基準には「アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物および硝酸化合物」の名称で規定されている。略称としては「硝酸性窒素等」や「硝酸性窒素類」が使用されている。本書では「硝酸性窒素等」とした。

(2) 一次処理、二次処理、三次処理

本書では、汚水浄化処理の流れを理解しやすくするために、図1-1に示すように処理を大きく一次処理、二次処理、三次処理、消毒処理、最終希釈処理、汚泥処理に分類した。区分の方法が他のマニュアルや専門書とは違っているので、注意を要する。

一次処理は、二次処理に先立って主に物理的な除去を行う処理とした。畜舎内のふん尿分離から二次処理の曝気槽に入る前までとした。汚水の希釈も一次処理の1つとし、便宜的に曝気槽に直接投入する希釈用の水も、一次処理における希釈とした。

二次処理は、活性汚泥法を主体とした浄化処理とした。循環式硝化脱窒法は、通常は高度処理の分類とされるが、本書は二次処理の1つとしてあつかった。

三次処理は、上記の二次処理の後にさらに浄化を進めるために行う処理である。窒素除去としては、メタノール脱窒処理などがある。他にリンやSSなどの除去を目的とした凝集分離処理、着色の除去を目的とした活性炭処理などがある。

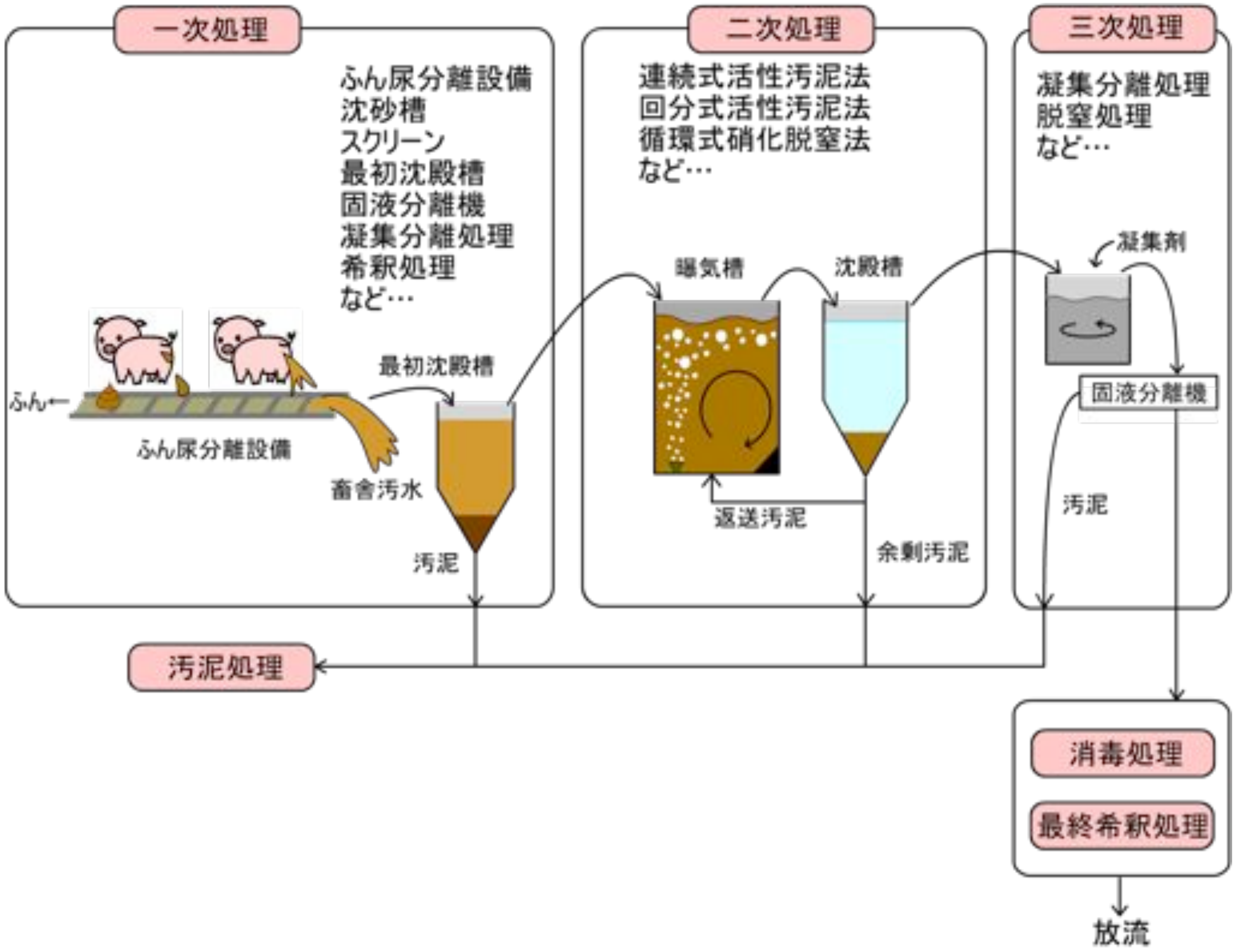
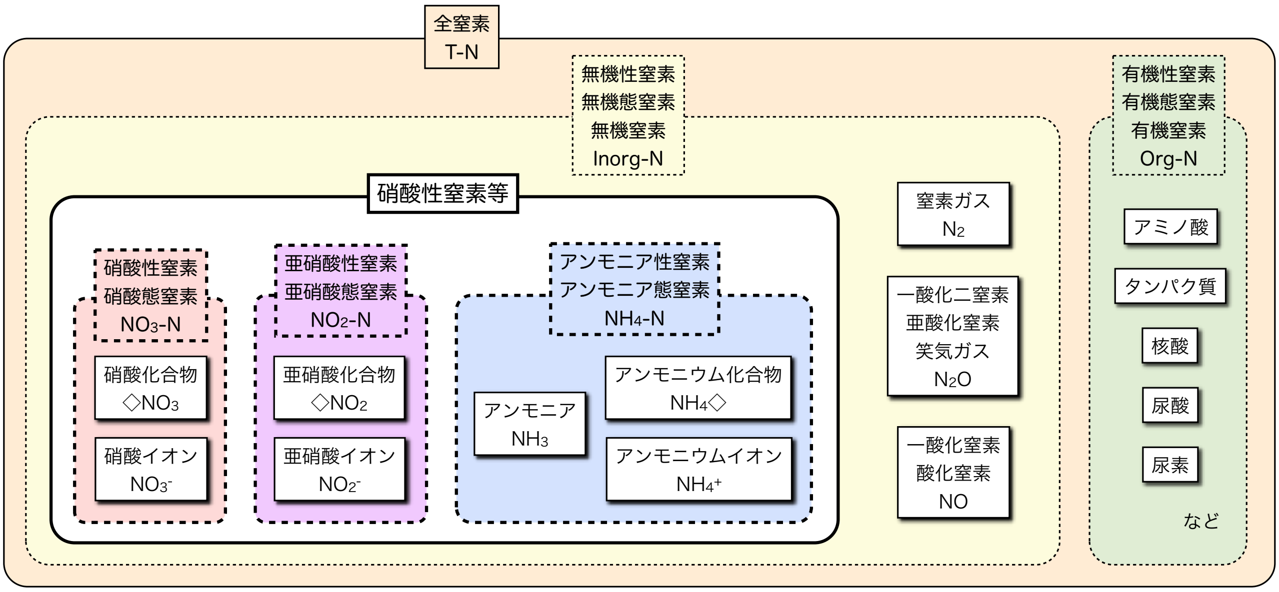


図1-1　汚水浄化処理の流れ

（3）窒素の形態と名称

窒素には様々な形態があることに加えて、同じものでも複数の呼び方があるため、混乱しやすい（図1-2）。例えば、硝酸の状態の窒素では「硝酸性窒素」と「硝酸態窒素」の2つの呼び方がある。家畜の栄養生理の分野では「態」を、下水やし尿の浄化処理の分野では「性」が使われている。本書では「硝酸性窒素」のように「性」の方を用いた。



（注1）１つの囲みの中に記載されている複数の名称は、同じ物質を意味する。
（注2）◇には、例えばKNO_3（硝酸カリウム）や$(NH_4)_2SO_4$（硫安）のように、結合しうる様々な物質が入る。

図1-2　窒素の形態と名称

（4）その他の用語

【汚水浄化処理に関する用語】

BOD：生物化学的酸素要求量。この値は、5日間で生物が利用できる有機物を分解したときに消費する酸素量から求める。単位はmg/ℓ。値が高いほど分解しやすい有機性の汚濁物質が多いことを示す。

BOD/N：BOD/N比とも言う。この値は、BOD（mg/ℓ）を全窒素（mg/ℓ）で割ることで求める。単位はない。生物学的硝化脱窒による窒素除去を行うときに、窒素の2.5～3倍程度のBODが必要であるため、汚水の窒素を除去できるだけのBODが含まれているかを示す指標となる。

DO：溶存酸素。この値は、水に溶け込んでいる酸素の量を表す。単位はmg/ℓ。曝気槽では、この値が高いほど、水中の生物が利用できる酸素が多いことを示すので、曝気量を調整するときなどの参考になる。20℃、1気圧の水には、最大で約8.8mg/ℓの酸素が溶解できる。

MLSS：曝気槽内混合液中の浮遊物質。この値は、曝気槽内の汚泥量を表す。単位はmg/ℓ。微生物以外の浮遊物質も含まれるため、必ずしも微生物活性と一致しない点に注意が必要である。

SS：浮遊物質。この値は、水に含まれている水に溶けずに浮遊している物質の量を表す。単位はmg/ℓ。汚水や処理水などの濁りの程度を示す。

ORP：酸化還元電位。この値は、酸化的な状態または還元的な状態の程度を表す。単位はmV。好気的な条件だと正の値となり、高いほど硝化が進みやすい環境である。無酸素状態の還元的な条件だと負の値となり、低いほど脱窒が進みやすい環境である。

嫌気状態：酸素が存在せず、硝酸イオンや亜硝酸イオンなどの酸素原子を含む物質も存在しない状態。有機物の微生物処理では、メタン発酵や酸発酵が進行する。

好気状態：酸素が存在する状態。微生物処理では、酸素を使った有機物の分解や窒素の成分の硝化が進行する。

パーラー排水：ミルキングパーラー（搾乳室）の洗浄排水。消毒薬や洗剤が混入しており、施設の構造や管理方法によってふん尿の混入割合が大きく違うため、浄化処理する場合は水質を十分に確認してから設計する必要がある。

無酸素状態：酸素が存在せず、硝酸イオンや亜硝酸イオンが存在する状態。微生物処理では、BODが同時に存在すると脱窒が進行する。

【飼料に関する用語】

CP：粗タンパク質。この値は、飼料の全窒素（％）に換算係数6.25を乗じて求める。単位は％。飼料に含まれるタンパク質量を示す指標となる。

DCP：可消化粗タンパク質。この値は、飼養試験にて摂食した窒素量とふんに排せつされた窒素量を測定し、これらの差から求める。単位は％。飼料中の消化吸収される粗タンパク質の割合を表す。

TDN：可消化養分総量。飼料中の消化吸収されるエネルギーの含量を表す。単位は％。

3. 本書の構成

第2～4章は窒素に関する基礎的な内容、第5～8章は具体的な管理方法、第9章は簡易測定キットについて解説した。参考文献は、巻末にまとめて掲載した。

「畜産農家のための汚水浄化処理施設窒素対応管理マニュアル」との対応関係を表1-1に示す。

表1-1　マニュアル間の対応関係

内容	畜産農家のための 汚水浄化処理施設 窒素対応管理マニュアル	畜舎汚水浄化処理施設 窒素対応管理マニュアル （本書）
窒素対応の必要性 窒素除去の原理	第一部 第1章	第2～4章
簡易測定キットの 使い方	第一部 第2～6章	第9章
施設の管理方法	第一部 第7～8章	第7章 （間接的に第5,6,8章）

4．本書による管理を行う上での注意事項

このマニュアルで示す硝酸性窒素等に対応する管理は、「畜環研式浄化処理水の硝酸性窒素等簡易測定キット（簡易測定キット）」による処理水の測定を前提にしている。

本書は、窒素除去に焦点を当てた管理技術の解説をしている。基本的な管理を行っていることを前提に解説しているため、本書のみで管理せず、必ず浄化処理施設に添付されている運転マニュアルや「畜産農家のための汚水処理施設窒素対応管理マニュアル」の第2部を熟読し、基本的な管理の範囲内で、本マニュアルの管理方法を実行するようにする。

特に注意を要する点について、第7章の冒頭に「注意事項」として記載した。

第2章　窒素対応の必要性

1．硝酸性窒素等を規制する理由

高濃度の硝酸・亜硝酸性窒素を含む水を摂取すると、乳幼児の場合はメトヘモグロビン血症を引き起こす可能性があることが報告されている。このため、WHO（世界保健機関）飲料水水質ガイドラインや我が国の水道水水質基準などを参考として1999年に硝酸性窒素および亜硝酸性窒素に係る環境基準が設定されたことを受け、人体への健康被害を防ぐことを目的として2001年に水質汚濁防止法に定める「健康項目」に「アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物および硝酸化合物」（以下、硝酸性窒素等と略す）の排水基準が設定された。硝酸性窒素等は次式により算出する。

硝酸性窒素等 ＝ アンモニア性窒素 × 0.4 ＋ 亜硝酸性窒素 ＋ 硝酸性窒素

なお、環境中に排出されたアンモニア性窒素の硝化メカニズムを考慮し、アンモニア性窒素については換算係数0.4を掛けることとした上で、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素および硝酸性窒素の総和を硝酸性窒素等としている。

2．硝酸性窒素等の規制内容

2001年に設定された硝酸性窒素等の排水基準は100mg/ℓ（一般排水基準値）とされたが、この一般排水基準値をただちに達成することが困難な業種に対して3年間の経過措置として暫定排水基準値が適用された。暫定排水基準値適用業種は2001年では27業種とされたが、その後の見直しで2004年では17業種、2007年では13業種、2010年では8業種となった。この間ずっと、畜産農業（水質汚濁防止法での名称で畜産事業場のこと）は暫定排水基準値が適用されており、2004年に暫定排水基準値が1,500mg/ℓから900mg/ℓに引き下げられ、その後3年ごとに見直しが行われる中で2013年に700mg/ℓに引き下げられて現在に至っている（表2-1）。これは、畜産農業の排水の実態などに鑑み暫定排水基準値が延長された結果ではあるものの、外部からの畜産農業に向けられる視線は大変厳しく、今後の改善の取り組みを強く求められる状況にある。

表2-1　畜産農業における硝酸性窒素等の暫定排水基準値の変遷

期間	2001年7月 ～ 2004年6月	2004年7月 ～ 2007年6月	2007年7月 ～ 2010年6月	2010年7月 ～ 2013年6月	2013年7月 ～ 2016年6月	2016年7月 ～
暫定排水基準値	1,500mg/ℓ	900mg/ℓ	900mg/ℓ	900mg/ℓ	700mg/ℓ	?
一般排水基準値	100mg/ℓ					

この硝酸性窒素等は健康被害を引き起こす可能性のある有害物質であることから水質汚濁防止法では「健康項目」に分類されており、その排水基準が適用されるのは同法で定める特定施設を有する事業場（特定事業場）全てとなっている。畜産農業の特定施設の要件は表2-2に示すとおりであり、畜産農業の特定事業場の総数はおよそ3万（2009年）とされている。一方、表2-3に示すとおり、pH、BOD、SSなどの「生活環境項目」は、1日の排水量が50m^{3}以上（自治体によっては引き下げられているケースあり）の特定事業場に適用される。

水質汚濁防止法により、従来から特定事業場は排出水（水質汚濁防止法での名称で放流水のこと）を公定法を用いて測定することが求められていたが、同法の2010年の改正により測定結果の記録および保存の義務が追加され、違反した場合の罰則（30万円以下の罰金）も追加された。測定が求められるのは、排水基準が定められている項目のうち特定施設設置の届け出に記載されている項目（硝酸性窒素等については日排水量に関わらず特定施設の設置の届け出の対象となることに留意）であり、畜産農業における測定頻度は1年に1回以上とされている。なお、保存が求められている期間は3年間である。

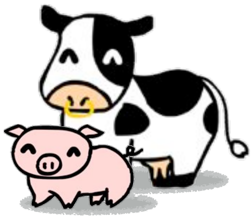
表2-2　畜産農業における特定施設

畜種	特定施設の要件	参考（飼養規模）
豚	豚房の総面積が50m^{2}以上の豚房施設	肥育豚約65頭以上
牛	牛房の総面積が200m^{2}以上の牛房施設	成牛約35頭以上
馬	馬房の総面積が500m^{2}以上の馬房施設	成馬約50頭以上

表2-3　畜産農業に関係する主な規制項目と排水基準

<table>
<tr><th>区分</th><th>項目</th><th>基準値
＜　＞内は日間平均値</th><th>適用対象</th></tr>
<tr><td>健康項目
（有害物質）</td><td>アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物および硝酸化合物（硝酸性窒素等）</td><td>700mg/ℓ
（暫定：2016年6月末まで）</td><td>全ての特定事業場</td></tr>
<tr><td rowspan="13">生活環境項目</td><td>水素イオン濃度（pH）</td><td>海域以外 5.8～8.6
海域 5.0～9.0</td><td rowspan="7">特定事業場のうち、1日の排水量が50m^3以上のもの</td></tr>
<tr><td>生物化学的酸素要求量（BOD）</td><td>160mg/ℓ＜120mg/ℓ＞</td></tr>
<tr><td>化学的酸素要求量（COD）</td><td>160mg/ℓ＜120mg/ℓ＞</td></tr>
<tr><td>浮遊物質量（SS）</td><td>200mg/ℓ＜150mg/ℓ＞</td></tr>
<tr><td>銅含有量</td><td>3mg/ℓ</td></tr>
<tr><td>亜鉛含有量</td><td>2mg/ℓ</td></tr>
<tr><td>大腸菌群数</td><td>＜3,000個/cm^3＞</td></tr>
<tr><td>窒素含有量</td><td>120mg/ℓ＜60mg/ℓ＞</td><td rowspan="2">指定湖沼に係る特定事業場のうち、1日の排水量が50m^3以上のもの</td></tr>
<tr><td>リン含有量</td><td>16mg/ℓ＜8mg/ℓ＞</td></tr>
<tr><td rowspan="2">窒素含有量</td><td>豚房施設以外：
120mg/ℓ＜60mg/ℓ＞</td><td rowspan="4">閉鎖性海域に係る特定事業場のうち、1日の排水量が50m^3以上のもの</td></tr>
<tr><td>豚房施設：
170mg/ℓ＜140mg/ℓ＞
（暫定：2018年9月末まで）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">リン含有量</td><td>豚房施設以外：
16mg/ℓ＜8mg/ℓ＞</td></tr>
<tr><td>豚房施設：
25mg/ℓ＜20mg/ℓ＞
（暫定：2018年9月末まで）</td></tr>
</table>

都道府県は条例により、より厳しい基準値を設定することが可能（上乗せ排水基準）



第3章　飼料から放流までの窒素の流れ

1．豚が排出する窒素

（1）飼料中の窒素のゆくえ

豚が健康を維持し、成長や繁殖などの生産活動を営むために飼料から摂取する必要のある栄養素は、タンパク質、脂質、炭水化物、無機質およびビタミンの5種類に大別される。これらは、エネルギー源、体組織の成長と補充の原料および体機能を調整する機能を有する（図3-1）。

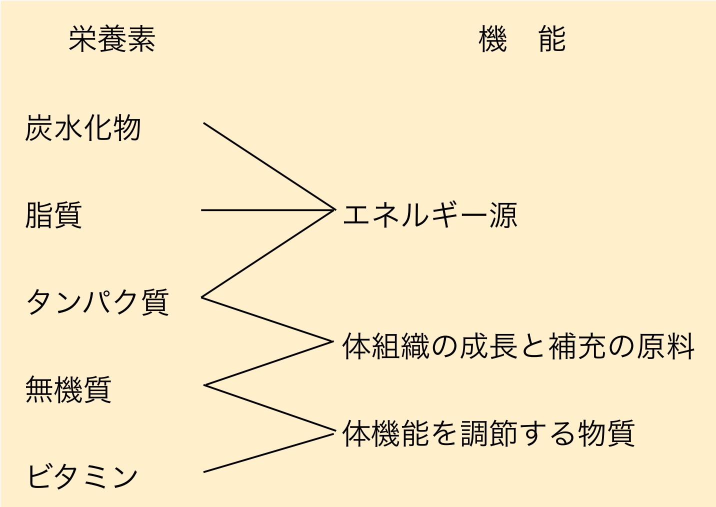


図3-1　栄養素と機能

タンパク質は、窒素を含有したアミノ酸から構成され、動物体の筋肉や各種臓器を構成する基本構造体であるほか、酵素、ホルモン、免疫抗体の主役としてなど、生命現象に重要な機能を持っている。20種類あるアミノ酸の中には、飼料として摂取しなければならない必須アミノ酸と摂取しなくても体内で合成される非必須アミノ酸とがある。豚の必須アミノ酸としては、10種類が知られている（表3-1）。

表3-1　豚の必須アミノ酸

アルギニン
ヒスチジン
イソロイシン
ロイシン
リジン
メチオニン＋シスチン
フェニルアラニン＋チロシン
トレオニン
トリプトファン
バリン

豚が要求する量は、必須アミノ酸ごとに異なる。養豚用飼料は、飼料原料の関係により、それぞれの必須アミノ酸の要求量をちょうど満足するようなバランスの良い成分になっていない（図3-2）。一般に要求量に対する割合としては、リジンが最も少ない。このため、図3-2の例では、リジンの量に合わせた部分、要求量に対する割合

が100％のところまでしか、他のアミノ酸は利用されない。利用されない図3-2の赤で囲った部分は、ふんや尿に排せつされることになる。

具体的な事例で示すと、体重70kgの肥育豚にCPが13.8％の飼料を2.9kg/日（窒素400g/日）与えたとき、利用されなかった窒素は、ふんに8.3g/日および尿に25.9g/日が排せつされた（図3-3）。この例では、飼料中の窒素の8.6％がふん尿として排せつされ、この7割以上が尿にと排せつされた。

このように豚のふん尿に含まれる窒素は、飼料中に含まれた窒素が、利用されずにふん尿として排せつされたものである。

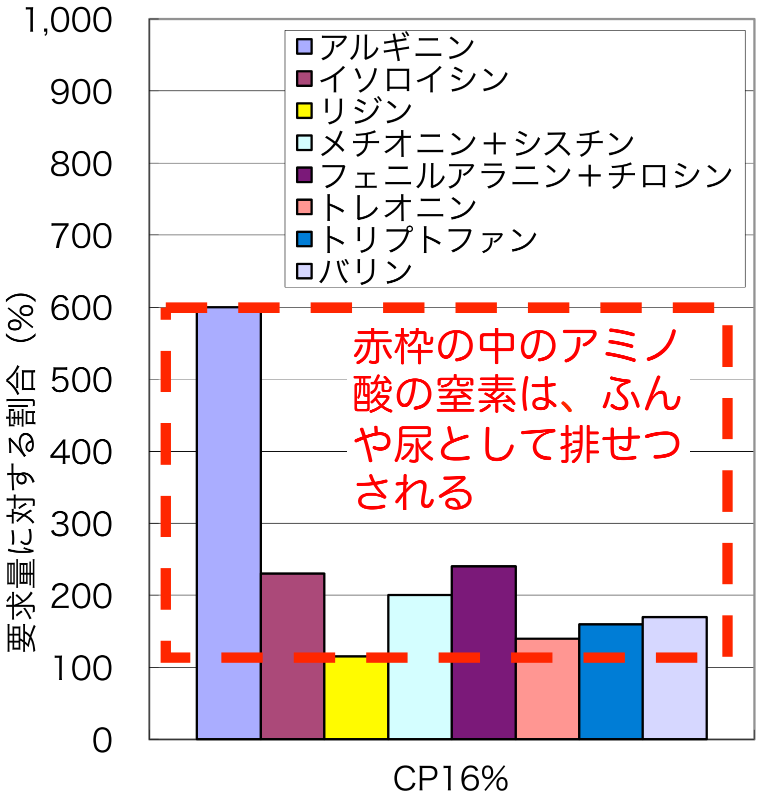


図3-2　CP含量が16%の飼料における主な必須アミノ酸の充足率の例（体重30～70kgの子豚）

（2）ふん尿中の窒素を低減する飼料設計

豚の生産性を低下させることなく窒素の排せつ量を低減させるためには、アミノ酸要求量を正しく把握し、これを上回らないように飼料のアミノ酸含量を低く抑えることが基本となる。このためには、発育、妊娠期などのステージや季節に基づいたタンパク質の期別給与が重要である。

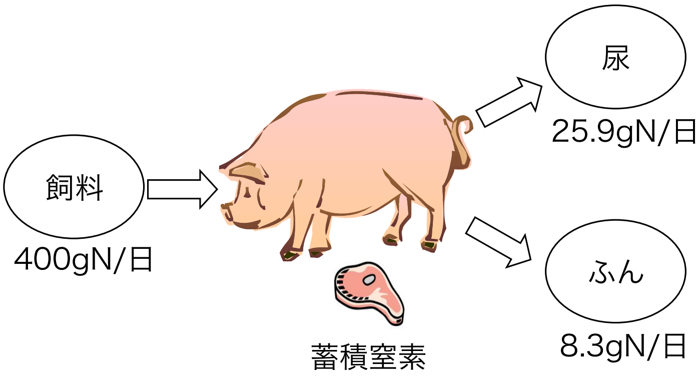


図3-3　飼料からふん尿への窒素の流れの例

飼料のタンパク質含有量を要求量以下に低減させ、不足する必須アミノ酸を添加することによって、尿中への窒素排せつ量の大幅な削減が可能である。図3-4は、トウモロコシと大豆粕を主体としたCPが11％および16％の実用的な飼料について、体重50kgの子豚に給与したときの各必須アミノ酸の要求量に対する充足率を示している。CPが16％の飼料では、最も欠乏するリジンでも要求量の約110％であり、安全率を10％見込

んでも子豚のアミノ酸要求量を満たしている。一方、CPが11%の飼料では、リジンに次いでトレオニンも不足しているが、その他の必須アミノ酸は要求量の110%を超えている。このCPが11%の飼料に不足するリジンとトレオニンをそれぞれの要求量を満足するように添加すれば、タンパク質の摂取量が約30%低減され、発育に影響することなく、窒素の排せつ量を大幅に低減できる。

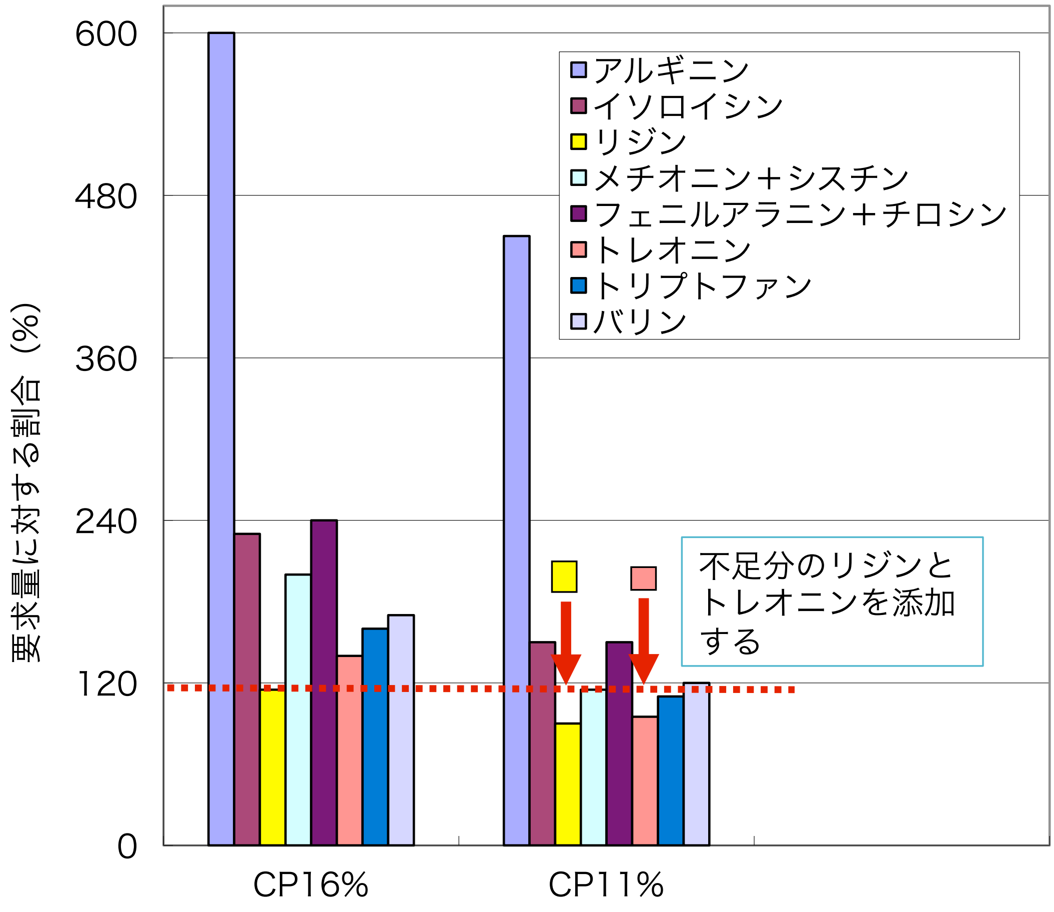


図3-4　粗タンパク質（CP）含量が16および11%の飼料における主な必須アミノ酸の充足率（体重30〜70%の子豚）

2. 牛が排出する窒素

（1）飼料中の窒素のゆくえ

牛などの反芻家畜の場合、第一胃内に生息する微生物が摂食した飼料に作用することから、豚などの単位動物に比べると複雑である（図3-5）。以下、図中の番号にしたがって説明する。

飼料に含まれる窒素成分の中で、①微生物が分解できる第一胃内分解性タンパク質と②非タンパク態窒素は、微生物の作用によって、③アンモニア性窒素や④微生物体タン

パク質になる。微生物体タンパク質になる量は、⑤飼料中のエネルギー量などによって変化する。

⑥アンモニア性窒素は、主に第一胃壁から体内に吸収されて血液中に入り、肝臓で尿素に変換される。

⑦微生物体タンパク質は、下部消化管の第四胃などで消化されてアミノ酸となり、小腸などで体内に吸収される。⑧消化されなかったものは、ふん窒素として排出される。⑨吸収されたアミノ酸は、牛の体タンパク質や乳タンパク質として利用される。先の項に記載した豚と同様に、牛自身にも必須アミノ酸が存在する。微生物体タンパク質は、牛にとってバランスがとれたアミノ酸組成ではないため、豚の図3-2に示されたことと同様のことが起きる。すなわち、最も少ない必須アミノ酸に合わせた部分までしか、他のアミノ酸は利用されず、⑩残りはアンモニア性窒素を経て尿素になる。⑪体タンパク質の一部も、代謝の一環として分解され、アンモニア性窒素を経て尿素になる。

⑫尿素の一部は、唾液や第一胃壁を通じて第一胃内にもどされ、微生物の作用を受ける。⑬残りの尿素は、尿として体外に排泄される。

⑭飼料中には、微生物が分解できない第一胃内非分解性タンパク質もある。この成分は第一胃内で影響を受けず、⑮下部消化管の第四胃などで消化されてアミノ酸となり、小腸などで体内に吸収される。⑯消化されなかったものは、ふん窒素として排出される。

一般には、搾乳牛では摂取した窒素の3～4割がふんに、2～5割程度が尿に排せつされ、残りが乳中に移行したり、体に蓄積したりする（文献1）。

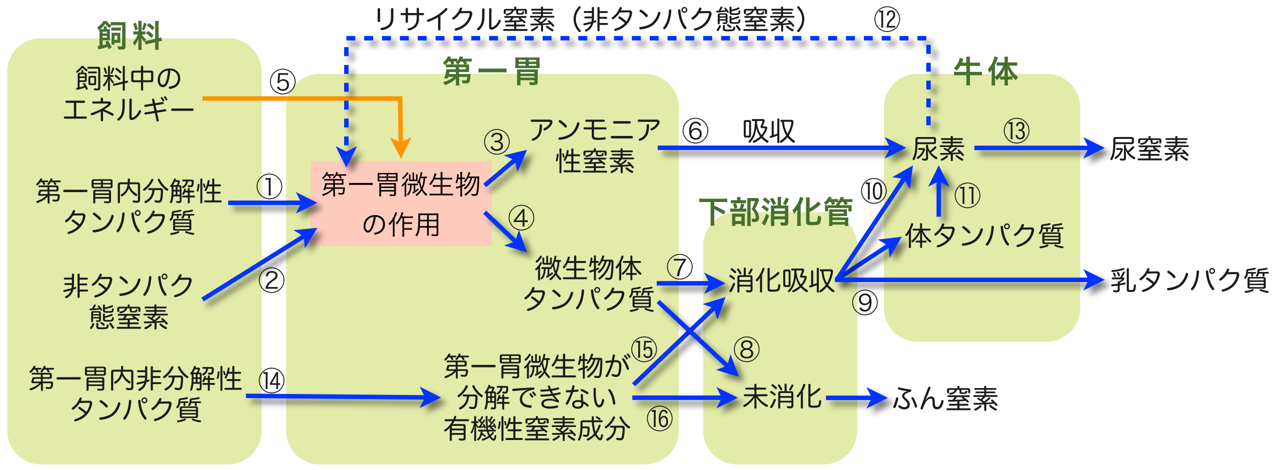


図3-5　牛における窒素の流れ

（2）ふん尿中の窒素を低減する飼料設計

第一胃内の微生物体タンパク質の合成④が悪くなると、尿窒素が増えることから、飼料の①と②の窒素量と飼料中のエネルギー量（TDN）のバランスをとることが尿窒素の低減につながる（文献2）。

微生物体タンパク質⑦のアミノ酸組成を変えることは難しいが、第一胃内の微生物が分解できない有機性窒素⑮によって、不足する必須アミノ酸を補うことで、吸収されたアミノ酸の利用性を向上させ、尿窒素への排せつ量の減少させることができる。このような不足するリジンやメチオニンを、第一胃では分解されず、下部消化管で分解吸収できるようにした飼料添加物もある。

泌乳牛については、乳生産量あたりの窒素排せつ量は、乳量の多い牛ほど少ないことから、乳量水準の向上も窒素排せつ量低減には有利である（文献2）。

3．畜舎から堆肥化処理および浄化処理への窒素の流れ

こぼれ餌やふん尿として排せつされた窒素は、畜舎内でスクレーパーなどにより物理的にふん尿分離され、ふんは堆肥化処理施設へ、尿を含んだ畜舎汚水は浄化処理施設へ運ばれる（図3-6）。畜舎内のふん尿は、ふんと尿が混合することにより、尿の尿素が微生物の作用でアンモニアに変わるため、大量のアンモニアが発生する。堆肥化処理では、好気性微生物によるタンパク質の分解が進行し、この分解の過程で一部の窒素はアンモニアとして揮散し、残りは堆肥の中に留まり、農地の肥料として活用される。

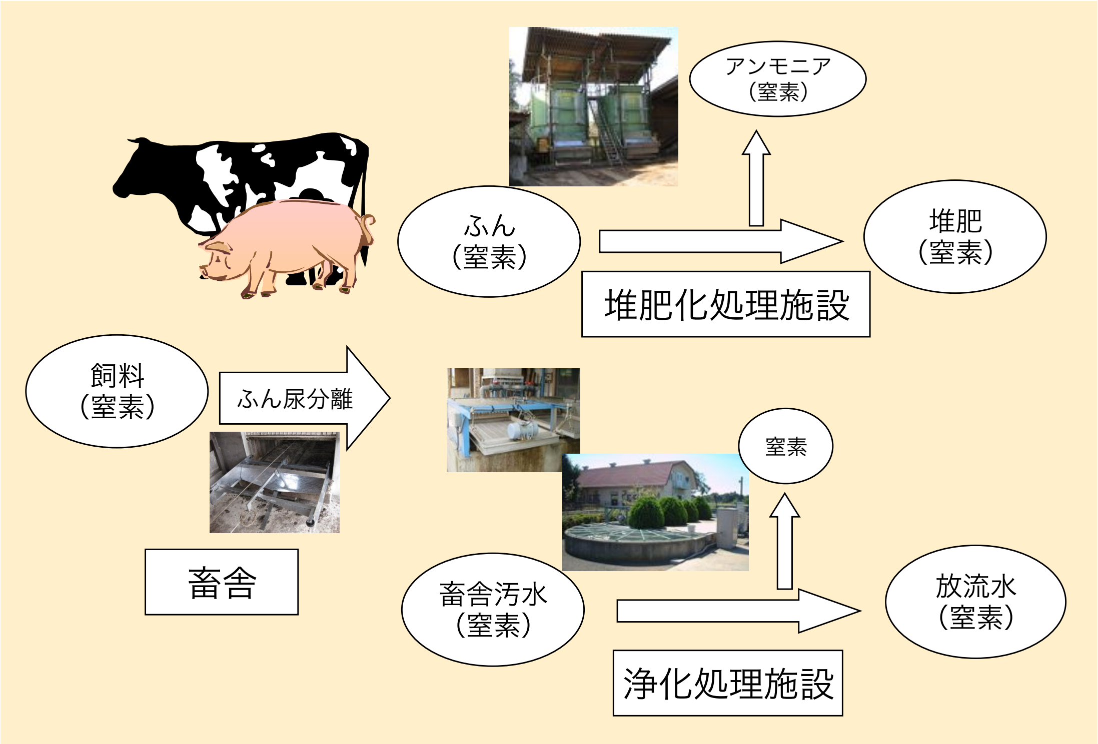


図3-6　豚舎から堆肥および放流水に至るまでの窒素の流れ

4. 畜舎汚水の一次処理における窒素除去

畜舎汚水は、活性汚泥で浄化処理をする二次処理の前に、BODやSSを低減させるための一次処理が行われる（図3-7）。この一次処理では、沈砂槽、固液分離機、最初沈殿槽、凝集分離設備などが利用されている。主にSSの除去を目的にした処理であるが、SSに含まれるBODや窒素もある程度除去される。

一次処理での分離は、例えば、図3-8に示す目開き0.5mm程度の振動篩型固液分離機では、20％程度のSSの分離が見込めるが、BODは10％、窒素は5％程度の除去である。凝集剤を添加した後に脱水機で分離する凝集分離処理では、90％程度のSSの分離が見込め、BODは60％、窒素は40％程度の除去である。一次処理における窒素の除去率は、方式や汚水の性状によって変わるため、過大な期待をしてはならない。

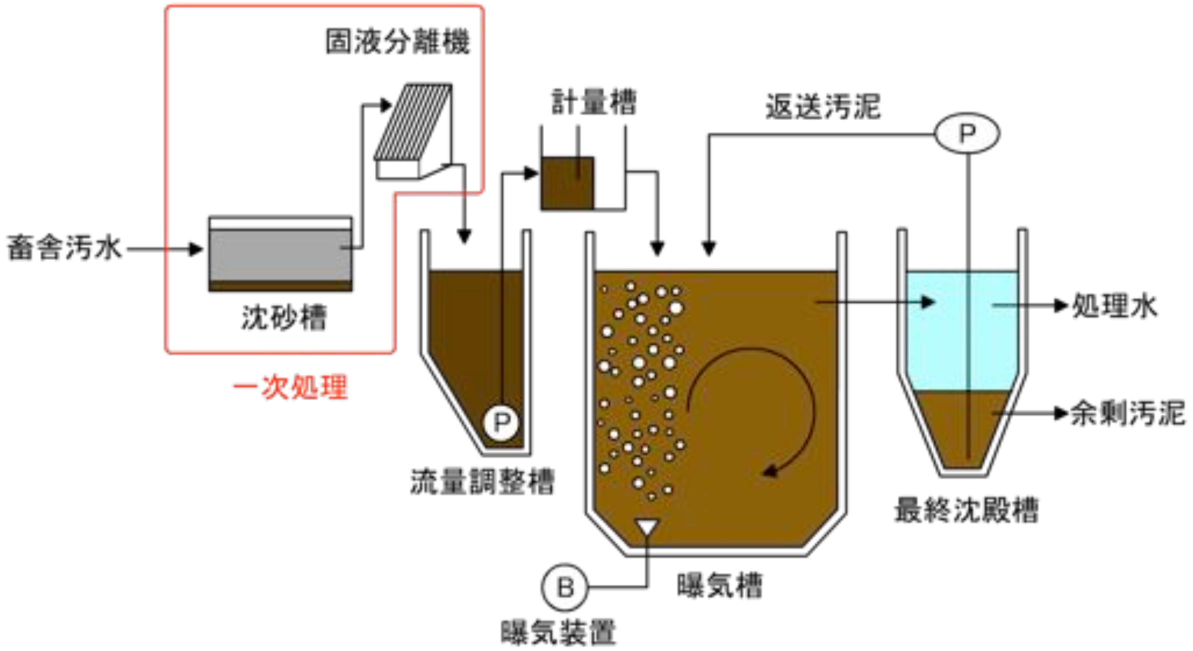


図3-7　汚水浄化処理の流れ

振動篩型固液分離機

ベルトスクリーン型脱水機

図3-8　一次処理に使用される装置の例

5. 一次処理と二次処理における窒素の流れ

畜舎汚水に含まれる窒素は、無機性窒素としてアンモニア性窒素、BODやSSの成分として有機性窒素の2つの状態がある（図3-9、以降の丸番号は図中の番号を指す）。

一次処理では、主にSS成分が分離されることから、①分離汚水に含まれるアンモニア性窒素は、ほとんどが一次処理水に移行する。一方、②BODやSSの一部が汚泥として分離されることから、分離汚泥に含まれる有機性窒素も分離される。

二次処理では、窒素は非常に複雑な変化をする。③アンモニア性窒素は、④硝化を受けて亜硝酸、⑤次いで硝酸となり、⑥⑦脱窒によって窒素ガスになる。⑧一部のアンモニア性窒素は、微生物に取り込まれて有機性窒素となり、余剰汚泥になる。⑨曝気槽内混合液の処理水と汚泥の分離が、沈殿槽などでうまくできなかった場合は、有機性窒素として二次処理水に残存する。⑥～⑨以外の無機性窒素は、⑩二次処理水に残存し、硝酸性窒素等になる。

⑪一方、一次処理水の有機性窒素は、微生物に分解されるとアンモニア性窒素になり、④～⑩の流れとなる。微生物に分解されない分は、⑫余剰汚泥となったり、⑬沈殿槽などでうまく分離できなかった場合は二次処理水に残存したりする。

このように窒素は、汚水浄化処理の中で複雑な流れをすることから、実際の施設内で、窒素がどのような変化をしているのかを考慮しながら、施設の管理をすることが重要である。なお、窒素の流れとしては、図3-9に示した以外に、畜舎汚水の排出から二次処理までの間に起きるアンモニア性窒素の大気中への揮散、並びにアンモニア性窒素の②の分離汚泥への吸着および分離汚泥の水分への溶解もある。

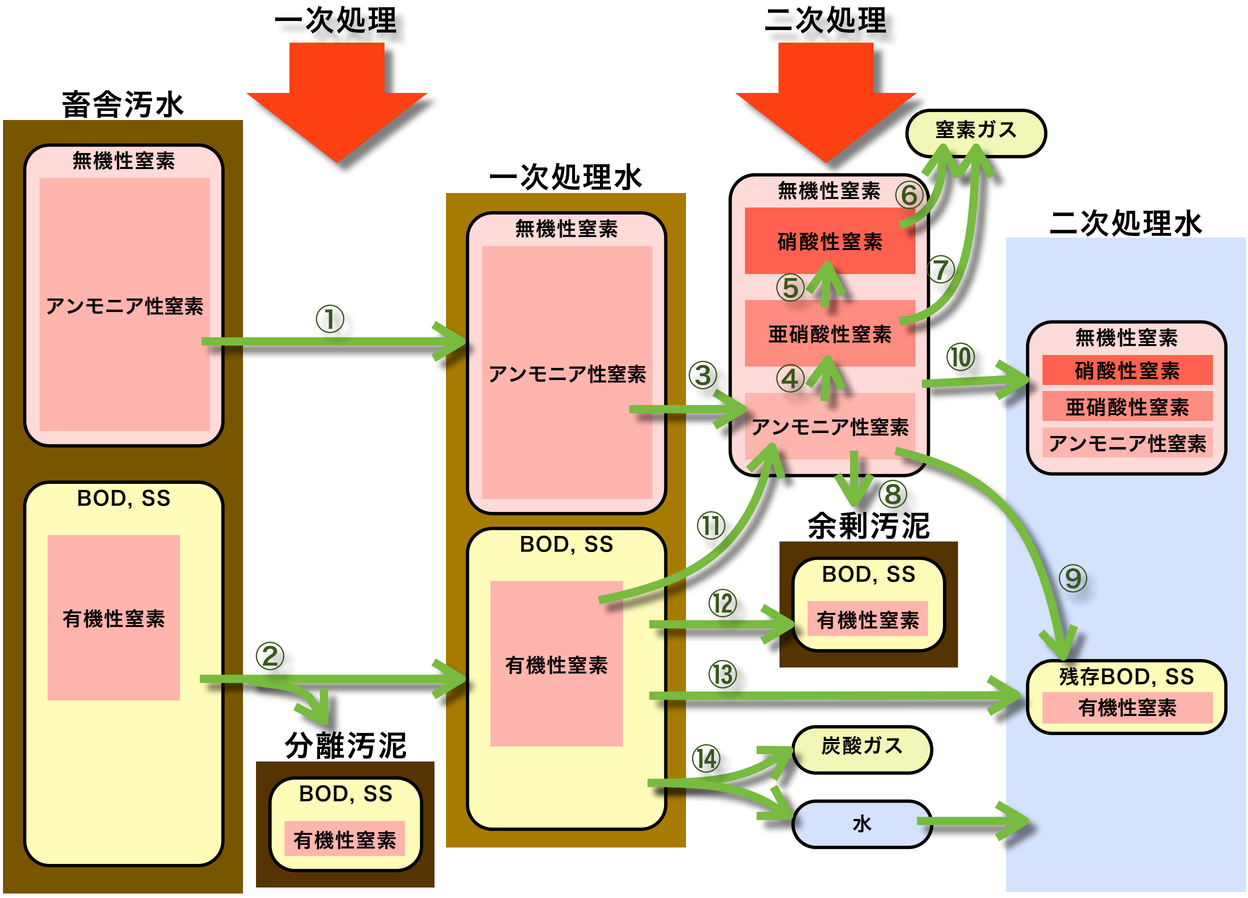


図3-9　汚水浄化処理における窒素、BOD、SSの流れ

第4章　窒素除去の原理

1．BODやSSの除去と窒素の除去の違い

19ページにて述べたように、汚水浄化処理の中で、窒素は複雑な流れをする。一方、BODやSSは、前ページの図3-9に示されているように、一次処理で②一部が分離汚泥として除去され、残りは二次処理で⑫余剰汚泥として分離、⑬二次処理水に残存、⑭炭酸ガスと水に分解のいずれかの経路をたどる。このようにBODやSSは、分離または分解で浄化が完了する。一方、窒素の浄化には、分離、無機化、硝化、脱窒、有機化して分離といった過程が必要である。このように、従来のBODやSSを主体とした浄化処理と、窒素を考慮した浄化処理とでは、考え方が違う点を十分に認識する必要がある。

2．飼養管理による窒素排出量の低減

（1）こぼれ餌の制御

飼料には、家畜が消化吸収して畜産物の生産に消費される分の栄養分が入っており、これが汚水に混入すると高負荷の汚濁物質源となる。飼料の窒素成分はCP（粗タンク質）で表される。CPは、飼料の全窒素に6.25を乗じることで、擬似的にタンパク質量を表した値である。したがって、例えば、CPが現物重で13％の飼料の場合、13％÷6.25＝2.08％＝20,800mg/kgの窒素が含まれている。ふんの窒素濃度は、豚で10,000mg/ℓや牛で4,300mg/ℓであり（表4-1）、飼料にはこれを超える窒素濃度がある。BODについてみると、豚飼料の実測値で418,000mg/kgであったことから、豚ふん60,000mg/ℓ、牛ふん24,000mg/ℓ（表4-1）に比べると、遥かに高い濃度である。このように、こぼれ餌の削減は、飼料購入費用を抑えるだけでなく、汚水の窒素やBODの低減にもつながる。

（2）飼料成分による窒素排せつ量の低減

飼料のアミノ酸バランスを適切にすることで摂食する窒素量を減らし、ふんや尿に排せつされる窒素量を減らす方法である。この項目については、第3章の「1．豚が排出する窒素」に記載した。

表4-1　家畜ふん尿の汚濁負荷量（文献3の表を改変）

家畜		各成分の濃度（mg/ℓ）			排出量（kg/頭・日）	各成分の排出量（g/頭・日）		
		BOD	SS	N		BOD	SS	N
豚	ふん	60,000	220,000	10,000	1.9	114	418	19
	尿	5,000	4,500	5,000	3.5	18	16	18
	混合	24,000	80,000	6,800	5.4	130	430	37
牛	ふん	24,000	120,000	4,300	30	720	3,600	129
	尿	4,000	5,000	8,000	20	80	100	160
	混合	16,000	74,000	5,800	50	800	3,700	290

3.　一次処理における窒素の除去

（1）畜舎内での分離

表4-1の各成分の排出量をみると、家畜から排せつされる窒素の約半分がふんに含まれている。一方、BODは大半がふんに含まれており、畜舎内でのふんの分離は汚水のBODを大きく減少させる。畜舎汚水の浄化処理施設の多くが汚水のBODをもとに設計されていることから、ふんの分離は、施設規模の縮小につながる。しかし、窒素は、ふんへの分配がBODに比べて小さいことから、畜舎内のふんの分離の程度は、汚水の窒素やBODの量だけではなく、窒素とBODの比率にも影響する。硝化脱窒による窒素の除去には、BOD/Nが2.5～3程度以上のBODが必要である。BODの除去だけならば、ふん尿分離を徹底するほど浄化が容易になるが、窒素の除去においては、過度のふんの分離は、BOD/Nの低下の原因となり、汚水浄化処理における窒素除去を困難にする。表4-1の豚の値を例にすると、BOD/Nは、尿のみで1.0、ふんの全量を混ぜると3.5、ふんの20%が混入（ボロ出し率80%）すると1.9になる。実際には、これにこぼれ餌が加わるため、汚水のBOD/Nはもっと高い値になる。このように、ふん尿分離の場合は、ふんのボロ出し率で、汚水の汚濁物質の量や比率が変化する。

ふん尿混合で、ピット式になっている場合、ピットの上澄み液のみが畜舎汚水として排出されているときと、ピットに溜まった汚泥を排出するときとでは、汚水の質が全く違う。これをそのまま浄化処理施設に入れると、大きな負荷変動となって処理が不安定になる。このため、大きな貯留槽を設けたり、ピットの底に溜まった汚水に排出を畜舎ごとに順番に行うなどして、汚水の濃度を平均化する必要がある。

こぼれ餌の項にて述べたように、飼料には高い濃度で窒素やBODが含まれている。えさ箱、リキッドフィーディングなどの貯留槽、飼料配送管などの残飼や、これらの洗浄液が汚水に混入している場合は、その汚濁物質量が汚水浄化処理に与える影響を考慮する必要がある。

ミルキングパーラー（搾乳室）からのパーラー排水については、設備の洗浄水のみであれば、濃度が低く、消毒薬の影響を解決すればBOD/Nも問題になることはない。しかし、廃棄乳や搾乳室のふん尿が流入する場合には、高濃度になり、浄化処理が難しくなる。

（2）スクリーンによる分離

畜舎汚水を対象とする固液分離機には様々な型式があるが、基本的にはスクリーンで固形物を分離する構造である（図4-1）。BODやSSに対しては一定の除去効果が見込めるものの、畜舎汚水の窒素の多くが水溶性成分であるため、窒素に関しては大きな除去効果を期待できない。固液分離機の主要な目的は、この後に続く浄化処理の槽内に汚泥が堆積したり、配管やポンプに詰ったりするトラブルを防ぐことにある。窒素を除去する効果は薄いが、汚水浄化処理施設が正常に機能し、窒素を除去できるようにする役割を担っている。必ず1つは設置しなくてはならない設備である。

固液分離機の固形物と液体の分離は、基本的にはスクリーンの目開きで決まる（図4-1）。固液分離機の型式で大きく変化するのは、分離された固形物の水分含量である。重力のみで分離される傾斜スクリーン型固液分離機に比べ、スクリュープレス型固液分離機などの圧搾工程がある型式は、分離された固形物の水分が低く、堆肥化などの処理が容易になる。

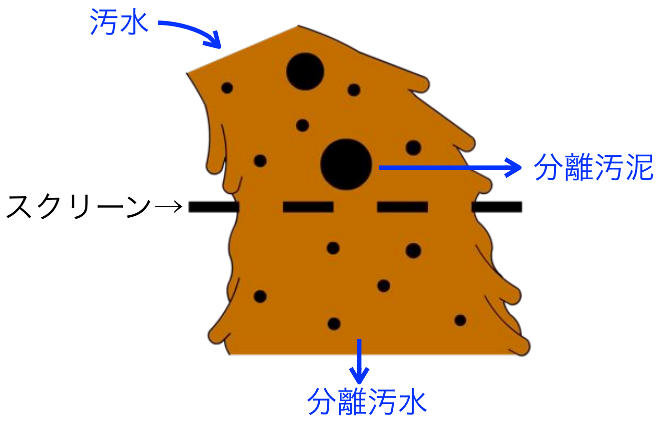


図4-1　スクリーンによる分離のイメージ

（3）重力沈殿による分離

沈砂槽や最初沈殿槽が重力沈殿による分離方法である。水よりも比重の大きなものを、沈殿させることによって分離する。分離するためには、粒子の沈降速度が、水が上方向に流れる速度よりも速くなくてはならない（図4-2）。したがって、沈殿槽に流入する汚水の速度に対する沈殿槽の水面積や容積が、分離できる固形物の程度に影響する。沈砂槽のように、速やかに沈殿する比重の大きなものを対象とする場合は、小さな槽でも機能する。しかし、最初沈殿槽のように、比重が水に近いものを沈殿させるためには、これに見合った沈殿槽の水面積や容積に加えて、上向流の流れを全体的に均一にするための構造など、厳密な設計が必要である（図4-3）。

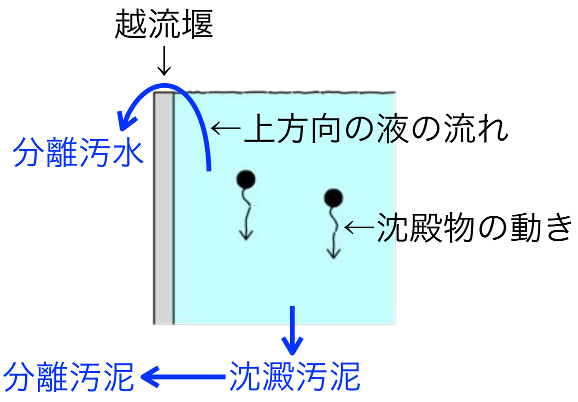


図4-2　重力沈殿による分離のイメージ

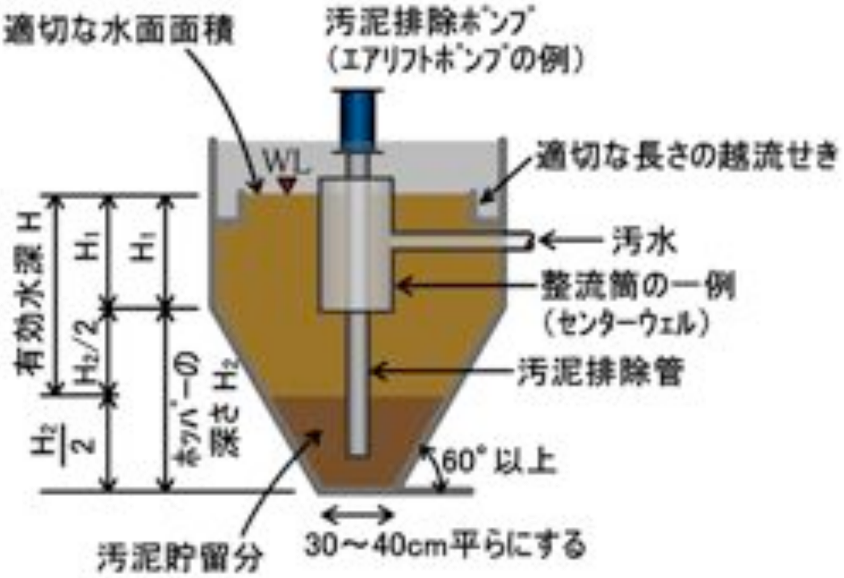


図4-3　最初沈殿槽の構造の例

（4）凝集分離による分離

凝集剤を添加することにより、汚水中の細かな粒子をつなぎ合わせて大きな塊りとし、スクリーンによる分離でより多くの固形物を分離する方法である（図4-4）。二次処理から排出される余剰汚泥と合わせて処理することが多い。凝集汚泥を分離する装置は「脱水機」と呼び、汚水をそのまま分離する「固液分離機」とは区別している。どちらも、畜産分野で使用されている主な装置はスクリーンによる分離である。１つの機種で脱水機としても固液分離機としても使用できる機種もあるが、同じ方式であっても専用の機種が別々にあるものが多い。

凝集分離では、汚水に一定の割合で凝集剤を添加して撹拌した後に、固液分離する一連の工程を行うため、汚水ポンプ、汚水計量槽、凝集剤溶解・供給槽、凝集剤撹拌機、凝集剤定量ポンプ、凝集撹拌槽、脱水機、これらの制御装置といった多くの装置が必要であり、その分、維持管理の手間が多く必要になる。

凝集剤には様々な種類がある。畜舎汚水に対しては高分子凝集剤が主に使用されているが、この中にも多くの種類があり、汚水の質に合わせて凝集性の良いものを選択しなくてはならない。また、添加量も汚水の濃度などに合わせて調整する必要がある。

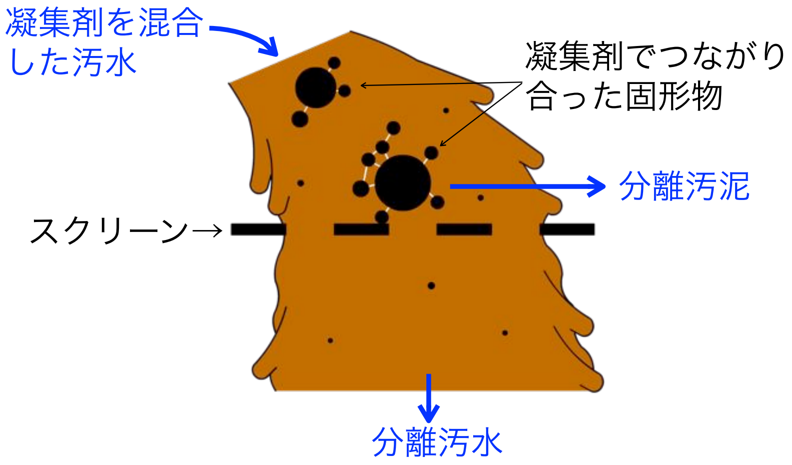


図4-4　凝集分離処理のイメージ

4.　二次処理における窒素の除去

現在畜舎汚水処理技術の主流となっている活性汚泥法で窒素除去を行うには、まず汚水中のアンモニアを硝化細菌によって好気性の条件下で硝酸または亜硝酸に酸化する（図4-5）。この後に汚水を溶存酸素の無い無酸素条件におくと、活性汚泥中の脱窒細菌により亜硝酸・硝酸が窒素ガスに変化して除去される。ただし、この脱窒過程が充分進むためには硝酸・亜硝酸の量に見合った量のBODが必要であり、BODが不足する場合には脱窒が不完全になる。一般に生物学的硝化脱窒による窒素除去を行う場合は、窒素の2.5～3倍程度以上のBODが必要とされている。

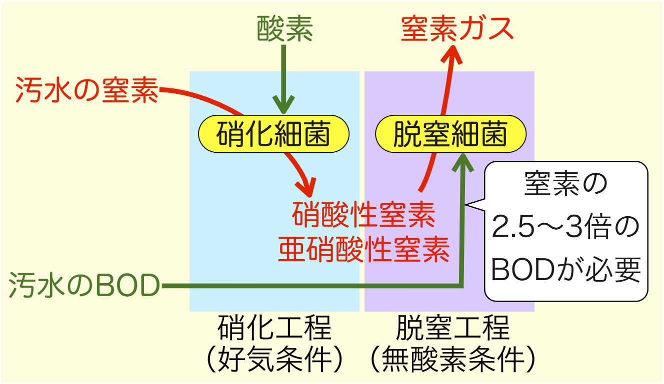


図4-5　硝化脱窒のイメージ

硝化工程と脱窒工程の組み合わせ方の違いにより、いくつかの窒素除去法がある。代表的なものとして、循環式硝化脱窒法（図4-6）、間欠曝気付き連続式活性汚泥法（図4-7）、脱窒攪拌付き回分式活性汚泥法（図4-8）がある。

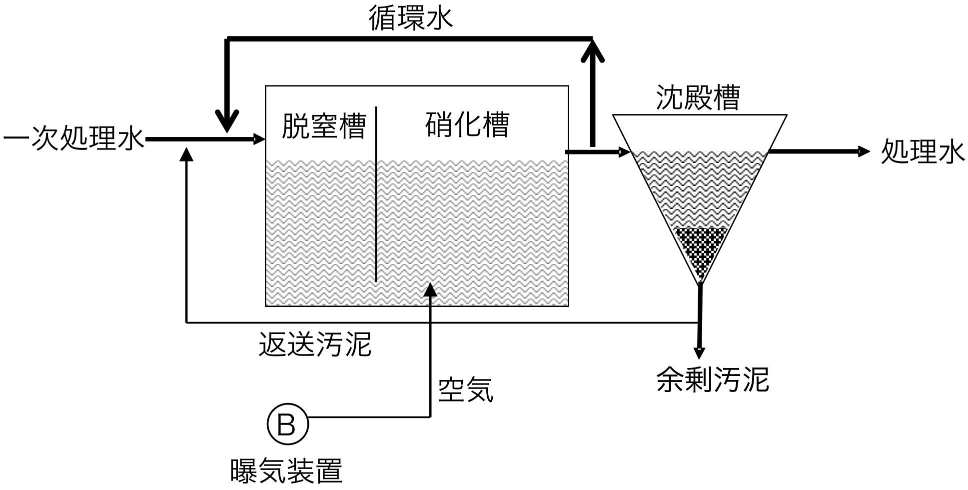


図4-6　循環式硝化脱窒法による窒素除去のフロー例

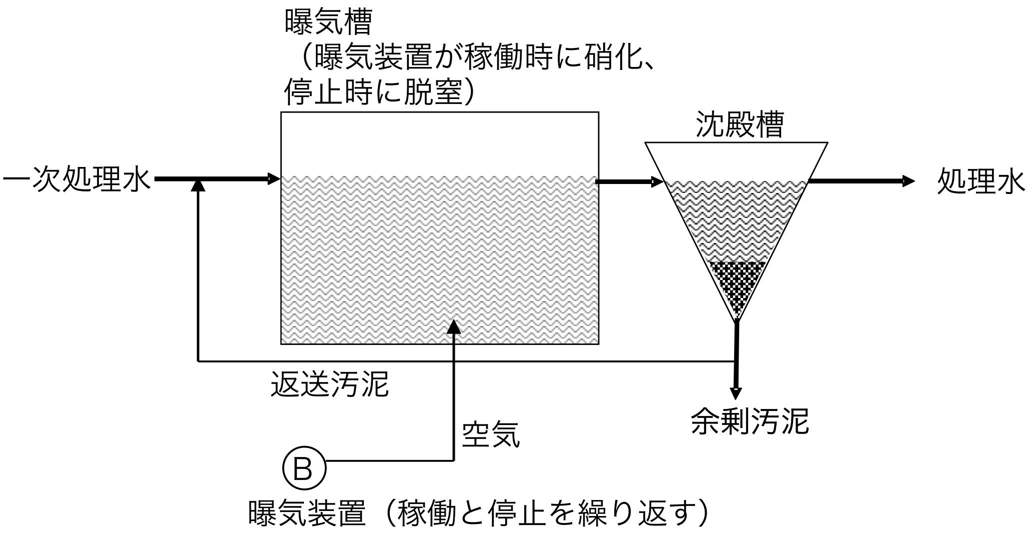


図4-7　間欠曝気付き連続式活性汚泥法による窒素除去のフロー例

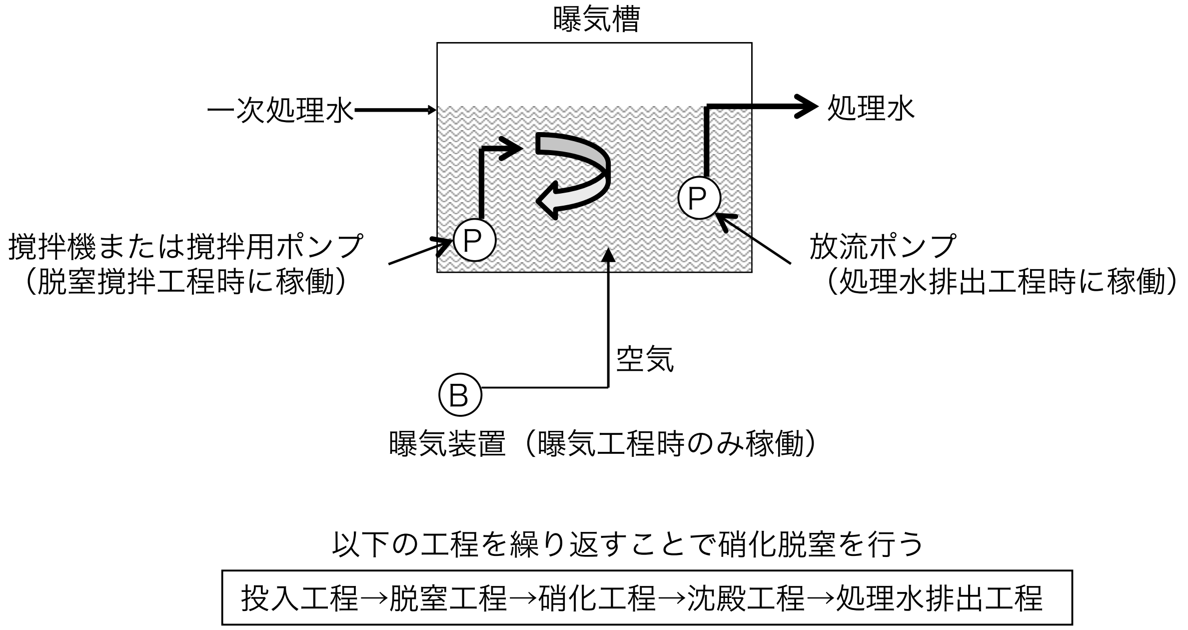


図4-8　脱窒撹拌付き回分式活性汚泥法による窒素除去のフロー例

循環式硝化脱窒法では、無酸素撹拌状態の脱窒槽が最初に置かれ、その後段に曝気による好気状態の硝化槽が置かれる。硝化槽流出液の一部を脱窒槽に循環させると、硝酸・亜硝酸が流入汚水中のBOD源となる有機物と合わさり、脱窒される。

間欠曝気付き連続式活性汚泥法では、曝気装置の稼働と停止を繰り返すことにより、稼働中に硝化を、停止中に脱窒を進める。

脱窒撹拌付き回分式活性汚泥法は、曝気と沈殿を一つの槽で行う回分式活性汚泥法の1つであり、汚水を流入させる汚水投入工程、流入汚水中の有機物と硝酸や亜硝酸が反応する脱窒工程、曝気による硝化工程、沈殿工程、処理水排出工程を1サイクルとして連続的に繰り返すことで硝化と脱窒を進めるものである。

これらの中で、間欠曝気付き連続式活性汚泥法は、施設構造が比較的単純で済むことから、畜舎汚水処理への適用事例が多い。

以上のような各種硝化脱窒法を採用しても、流入汚水中の窒素に対するBODが不足する場合は、脱窒が不完全になる。このような場合には不足するBOD源を補う必要がある。BOD源としては、ふん、エタノール、有機性廃棄物などが考えられるが、コスト的にふん由来のBODを活用するのが現実的である。二次処理までで、どうしても窒素が除去しきれない場合は、次の三次処理による窒素除去を行うことになる。

5. 三次処理における窒素の除去

二次処理まででどうしても除去しきれなかった窒素を、さらに除去する処理を本マニュアルでは便宜的に三次処理と呼ぶ。現状の畜舎汚水処理で三次処理まで適用しなければならないケースは少ないが、今後の硝酸性窒素規制の動向次第では導入が不可欠になる農家も増える可能性がある。

正常な処理が行われている限り、二次処理水中のBOD残存量は少ない。したがって、三次処理では、脱窒のためのBOD源を補うための何らかの付加的な手段の適用が必要になる。

（1）BOD源の添加による脱窒法

三次処理手法の一つとして、工場排水処理の分野で最も一般的に利用されているのは、BOD源としてメタノールを添加する方法である（図4-9）。メタノールが多く利用される理由としては、脱窒反応に利用されやすいことと、単価が低めなことが挙げられる。メタノールは、硝化後の脱窒槽に注入され、硝酸イオンと反応して脱窒に利用される。残存したメタノールは、そのまま放流水に含まれるとBODを高めてしまうことから、再曝気槽で微生物分解する。メタノール添加法を導入するためには、メタノールを安全に貯留する設備、メタノール注入装置、硝化槽、脱窒槽、再曝気槽などの設置が必要になる。メタノール添加法を効率的に実施するには、排水中の硝酸濃度を把握して適正な添加量に制御することが重要である。硝酸や亜硝酸の量に対してメタノール添加量が少なければ窒素が処理水に残存してしまうし、過剰だと経費が無駄になる。しかしな

がら、硝酸濃度の測定を頻繁に行ってメタノール添加量を調製するようなことは現実的に困難なため、余裕をみた量を添加せざるをえないのが実情である。

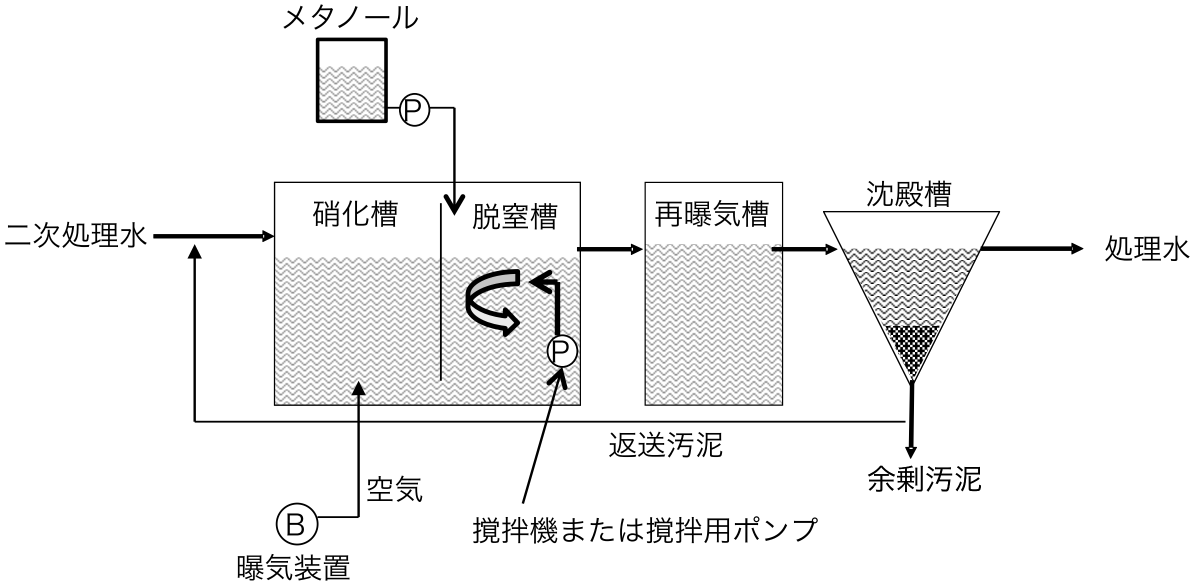


図4-9　メタノール添加活性汚泥法による窒素除去のフロー例

メタノール以外にも、缶詰工場の廃シロップ（文献4）や焼酎粕（文献5）などの有機性廃液や、バイオディーゼル燃料の製造過程の副生成物である廃グリセリンを利用する検討もなされており（文献6）、このような廃液などが近隣で入手できる場合は効果的な選択肢と思われる。さらに、畜舎で分離した豚ふんに加水してスラリー状にしたものを脱窒用BOD源として利用する検討もなされている（文献7）。この場合、経営内でBOD源を賄えるので、労力および経済面でのメリットが期待されるが、ふんは、リンを多く含むことから、処理水中のリン濃度が高まってしまうデメリットがある。リンの放流規制値の厳しい地域では、この点がネックになる可能性がある。また、脱窒に利用されにくいBOD源が残存して放流水のBODを高めることがないように十分な注意を払う必要がある。

脱窒用BOD源を添加する際に、適正な添加の時期と量を自動的に制御することを目指した検討もなされている。金（文献7）は、回分式活性汚泥法による脱窒プロセスをｐＨとORPの変化に応じて自動制御するシステム（リアルタイム制御法）を検討した。このシステムでは、データの絶対値ではなく、値の変化の変曲点をソフトウェアで認識し、添加の開始および終了の時期を決めるのが特徴である。pHやORPなどの測定では、センサーの特性の変化による絶対値の変動が生ずるのが通例であるが、絶対値が変化しても変曲点は正確な認識が可能という長所がある。

（2）硫黄酸化細菌を利用した脱窒法

硫黄酸化細菌は、硫黄を酸化することでエネルギーを得て炭酸ガスを同化して増殖する化学合成細菌の一種であり、土壌および水界に広く分布している。この硫黄酸化細菌の中には、無酸素条件下で硫黄を酸化しながら硝酸や亜硝酸を還元して窒素ガスにする（脱窒）機能を有するもの（*Thiobacillus denitrificans*など）が存在する。この細菌を利用して、チオ硫酸ナトリウム溶液を添加することで脱窒を行う手法があり、畜産廃水を対象とした試験も行われている（文献8）。チオ硫酸ナトリウムによる脱窒反応は下記の式で進行することが報告されている。

$$NO_3^- + 0.844S_2O_3^{2-} + 0.347CO_2 + 0.0865HCO_3^- + 0.0865NH_4^+ + 0.434H_2O$$
$$\rightarrow 0.0865C_5H_7O_2N + 0.5N_2 + 1.689SO_4^{2-} + 0.697H^+$$

チオ硫酸ナトリウムは、メタノールと異なり不燃性であり（消防法非該当）、また毒性は無く（毒物および劇物取締法、労働安全衛生法、化学物質管理促進法にすべて非該当）、BODを高めることもないので、万が一脱窒に利用されない残余分が流出しても公共水域への水質に与える影響は小さい。ただし、無酸素状態の水域に流入すると硫化水素が生成し、悪臭の原因になる可能性があることから、できる限り水域への流出を避けるべきである。長谷川・田中（文献8）は、チオ硫酸ナトリウムにより効果的な脱窒を行うには、NOx態窒素に対するチオ硫酸態硫黄の比（S/N比）を4.5以上にすることが必要であると報告している。また、処理水のpHは、炭酸カルシウムなどの添加なしに、ほぼ中性に維持されたとしている。後述する固形硫黄による脱窒では、硫酸生成によるpH低下が不可避であり、中和用の炭酸カルシウムなどの添加が欠かせない。これに対して、チオ硫酸ナトリウムで中和が不要ならば、簡易性が高い方法といえる。コスト面など、実用性の検討は今後の課題であるが、脱窒法の一つの選択肢になる可能性もある。ただし、液状物であるため、適量の添加量制御を行うには、上述したBOD源の添加と同様にリアルタイム制御法などの適用が必要になる。

液状物の共通の課題である適正添加量の制御をどう行うかという問題を回避できる簡易な手法として、固形硫黄を脱窒の電子供与体に利用する硫黄脱窒法もある。固形硫黄による脱窒の反応式は以下のとおりである。

$$NO_3^- + 1.1S + 0.4CO_2 + 0.76H_2O + 0.08NH_4^+$$
$$\rightarrow 0.08C_5H_7O_2N + 0.5N_2 + 1.1SO_4^{2-} + 1.28H^+$$

この方法は、硫黄脱窒槽に固形硫黄を投入し、汚水を通すだけで脱窒がなされる（図4-10）。ただし、リアクターに硫黄だけを投入すると、硫黄脱窒に伴う硫酸イオンの生成により、処理水が酸性化してしまう場合もあるので、固形硫黄とともに炭酸カルシウ

ムをリアクターに投入するのが一般的である（文献9）。しかし、この場合、硫黄と炭酸カルシウムの消耗量が必ずしも一致しないことから、量的なバランスを保つことが困難である。

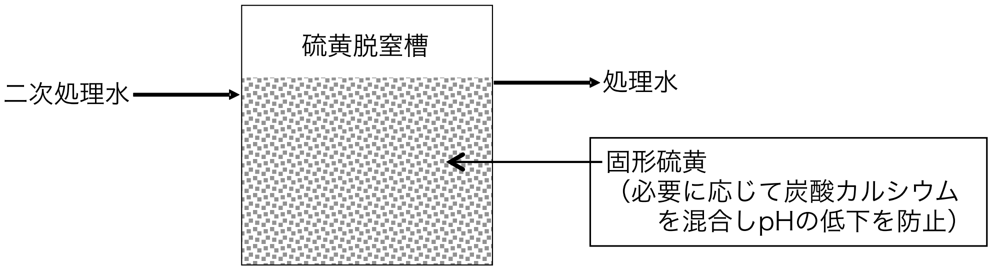


図4-10　硫黄脱窒法による窒素除去のフロー例

硫黄と炭酸カルシウムの消耗量の問題を改善するため、東京農業大学の増島教授らは、加熱溶融した硫黄中に炭酸カルシウムを混合して分散させた後に放冷固化し、これを砕石状に破砕した硫黄脱窒資材を開発した（文献10）。この資材は、炭酸カルシウム粒が硫黄マトリックス中に分散した構造であり、硫黄の消耗と炭酸カルシウムの溶出が同時進行し、両者の比率が常に一定に保たれる大きな長所がある（図4-11）。この資材を水没状態で水槽に充填し、硝酸または亜硝酸を含んだ液を流入させると、通常1週間程度で資材の表面に硫黄酸化細菌が増殖し、脱窒が進むようになる。硫黄は硫黄酸化が進行しない限り不溶性のため、流入水に硝酸イオンまたは亜硝酸イオンが含まれないときは変化せず（ただし流入液に溶存酸素が多く含まれると酸素による硫黄酸化が進行する）、硝酸イオン、亜硝酸イオンが流入してくると硫黄脱窒が進むので、注入量や注入時期の制御といった面倒な管理を行わずに脱窒を行うことが可能である。

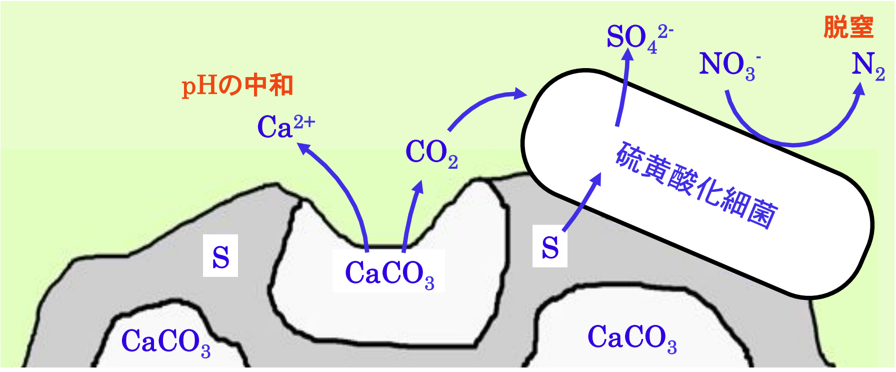


図4-11　硫黄脱窒資材と硫黄酸化細菌による脱窒
（硫黄が硫黄脱窒で溶出することによる露出した炭酸カルシウムだけが溶出する）

上記硫黄資材を利用した脱窒は、すでに家庭用浄化槽や溶液栽培廃液（文献11）の処理に関する試験事例、また韓国では工場廃水や埋立地浸出水などの処理に用いた実施例

がある（文献12）。また、畜産分野での試験事例も多い（文献12～17）。この資材を畜産廃水の硫黄脱窒に適用した場合、流入水中の懸濁物が資材充填層に捕捉され、資材層が閉塞して性能低下が生じやすい。このため、前処理として懸濁物除去装置の適用を試みた例もある。また、前処理を省く代わりに、定期的な逆洗操作での対応を選択した事例も有る。

逆洗方式に適した資材として、パーライト粒子の表面に上記の硫黄・炭酸カルシウム混合資材をコーティングした直径3～5 mmの粒状資材も開発されている（文献18, 19）。この資材は砕石状資材にくらべて粒径が格段に小さいため、槽容積あたりの脱窒能力が高く、また見かけ比重が小さいため、逆洗が容易な利点がある。コーティング層が消失するとパーライトが残るが、パーライトは低比重であり、逆洗の際に汚泥とともに槽外に流出することから問題ない。資材層の容量が一定程度まで減少したときに新資材の補充を行うだけで、十分な機能を発揮する。パーライトを用いたこの資材による脱窒は、実証プラント試験まで進んだものの、資材メーカーの方針転換により本格的な資材製造は行われず、実用化には至っていない。

上記のような特殊な製造プロセスを必要としない固形硫黄資材を利用した脱窒法として、粉末状硫黄を利用した手法も検討の余地がある。粉末状硫黄は水になじみにくいため、そのまま投入しても排水とともに流出してしまうことから、適用には今後の技術開発が必要である。粉末硫黄は、石油の脱硫プロセスなどからの副産物として大量に発生していることや、土壌のpH調整用資材として肥料登録されて流通している製品もあり、汎用的で入手が容易だと考えられる。ただし、純粋な固形硫黄は、消防法において危険物（可燃性固体）に該当するため、一か所に指定数量である100kg以上を貯蔵することが禁じられており、指定数量以上を取り扱うときは、危険物取扱者免状を有しているか、危険物取扱者免状を有している者の立ち会いの下に行わなければならない。このため、多量の貯蔵は避けるなどの注意が必要である。

（3）特殊微生物を利用した脱窒法

従来利用していた脱窒細菌とは代謝経路が異なる新たな細菌群を利用した脱窒も研究開発が進行中である。この内、アナモックス菌による脱窒については、畜産廃水処理分野で実用化するかどうかまだ見通しがついていないものの、多くの分野で活発な研究開発が進行中で、一部の分野では実用化もされている。この技術は、1990年代に存在が確認されたアナモックス細菌群と称される細菌によって、窒素除去を行う方法である。従来の脱窒反応とは全く異なり、BOD源や硫黄が不要で、アンモニアと亜硝酸が共存する

状態にあると、アナモックス細菌により両者が反応して窒素ガスになり、窒素除去が実現される（下式、文献20）。

$$NH_4^+ + 1.32NO_2^- + 0.066HCO_3^- + 0.13H^+$$
$$\rightarrow \quad 1.02N_2 + 0.26NO_3^- + 2.03H_2O + 0.066CH_2O_{0.5}N_{0.15}$$

従来の硝化脱窒のプロセスに比べると、硝化工程ではアンモニアの半分だけ亜硝酸にまで酸化すれば良いため、硝化に要するエネルギーが低減できる。また、亜硝酸の還元のための電子供与体にアンモニアが利用されるため、BOD源や硫黄などの添加が不要であり、コストが削減できる。この技術の概要については、和木（文献21）により紹介されている。これによると、経済的なメリットが期待できる一方で、技術の確立にはまだ多くの問題点があるとされている。具体的には、アナモックス菌の増殖が大変遅いこと、アンモニアの一部を酸化する際に硝酸にまでせずに亜硝酸にとどめ、かつ亜硝酸とアンモニアを適切な比率に保つのが難しいことである。今後の研究展開が期待されるものの、畜産廃水処理の現実的な選択肢になるかどうかは現状では未知数である。

アナモックス菌の他に、好気性脱窒反応を行う細菌が畜舎汚水の窒素除去に関与する可能性を示唆する研究報告もある。好気性脱窒の反応機構の詳細は、まだ完全には解明されていないが、*Acinetobacter*属の細菌種が好気性脱窒能を有するとの報告もあり、以下のような反応経路で窒素除去が進むことが示唆されている（文献22）。

$$NH_4^+ \rightarrow NH_2OH \rightarrow NO_2^- \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

Yamashita *et al.*（文献23）は、パーライトを微生物担体として用いた酪農雑排水の処理において、連続的な曝気処理を行っていたにも関わらず窒素除去が良好に継続される現象に着目し、パーライトに付着する微生物相を解析した。その結果、好気性脱窒を行うことが知られている*Thauera* spp.に近縁な種が検出されたことから、連続曝気条件下でも脱窒が進行した可能性があると指摘している。*Thauera*属の細菌が窒素除去に確実に寄与したかどうかは、まだ十分な確認ができていない状況であるが、今後の研究の進展が期待される。

なお、この項目で述べた特殊微生物を用いた処理技術が畜産分野で実用化されるには、まだしばらくの研究期間を要する。ここでは三次処理の１つとして紹介したが、二次処理に組み入れたり、二次処理の前に一部の窒素を除去したりなどの利用も考えられる。

（4）三次処理導入の考え方

畜産廃水の窒素低減対応としては、汚水に含まれる易分解性有機物をできるだけ効率的に利用し、特別な資材や装置を使用せずに脱窒を促進することを最優先にすべきである。しかし、汚水のBOD/Nが低いために硝酸性窒素の規制値のクリアーが困難な場合や、二次処理施設に窒素を除去するだけの十分な能力を持たせることができない場合などには、何らかの資材を利用した三次処理の導入が必要になる可能性もある。このような場合に容易かつ確実に窒素低減が実現できる三次処理技術について、今後さらに技術の進展が望まれる。

第5章　飼養管理での管理指針

1．養豚における飼料の質による汚水成分の制御と変化への対応

豚の場合、第3章での記載にあるように、飼料のタンパク質のアミノ酸バランスによって汚水に含まれる窒素量が変化する。バランスが良いほど少ないタンパク質で体タンパク質を生産でき、その分だけ飼料のタンパク質濃度を下げることができるため、排出される窒素量が減る（図5-1）。

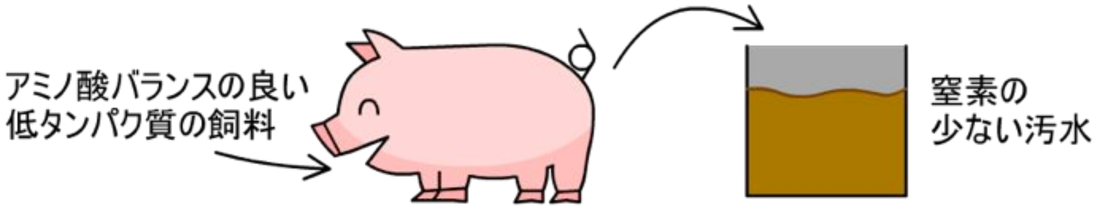


図5-1　アミノ酸バランスの良い低タンパク質飼料は汚水の窒素量を減らす

飼料の変更を検討するときは、生産効率の面からタンパク質のアミノ酸バランス（特にリジン）に注目しなくてはならないが、汚水への窒素排せつ量の面も考慮するべきである。アミノ酸バランスが悪くなった分を含めても安価にすむ飼料への切換えでは、単純に「飼育に必要な給餌量×飼料単価」だけの比較ではなく「窒素排せつ量の増加で汚水浄化処理のコストに影響しないか？」も含めた検討が必要である。逆に、汚水浄化処理のコストを低減するために、もしくは、浄化処理水質の改善のために、アミノ酸バランスの良い低タンパク質の飼料への切換えも選択肢の1つである。

ふん尿分離豚舎におけるふん尿分離設備の管理については、次の項目で述べるが、飼料の質がふんの分離割合に影響することがある（図5-2）。飼料の質によってふんの性状が変化すると、汚水のBOD、SS、窒素などの量が変化する要因となる。飼料の切換え時には、汚水浄化処理施設の状態や処理水質に、通常よりも注意を払う必要があり、変化が生じたときに素早く対応できるようにすべきである。

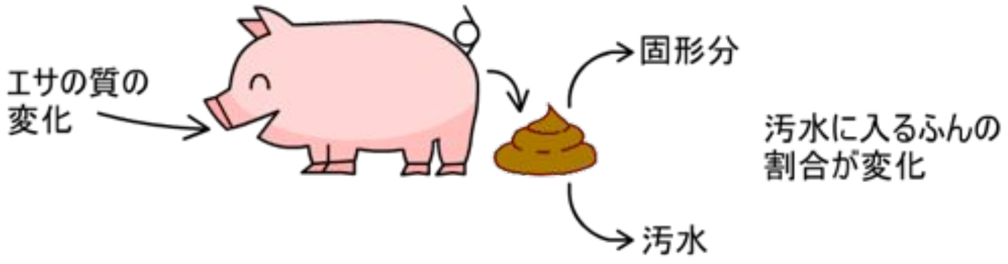


図5-2　飼料の質が変わるとボロ出し率が変化することがある

2. 酪農における飼料の質による汚水成分の変化への対応

牛の場合は、ルーメンの効果により、飼料の質がふん尿の質に影響する可能性が低い。しかし、ふん尿分離汚水を浄化処理している場合には、豚と同様に飼料の質の変化が、汚水に入るBOD、SS、窒素の量に影響する可能性がある。飼料の質が変わるときは、汚水浄化処理施設の状態や処理水質に通常よりも注意を払い、何らかの影響が生じたときに素早く対応できるようにすべきである。

3. 養豚におけるこぼれ餌の制御

(1) こぼれ餌について

給餌器から飼料が床にこぼれ落ちることによる「こぼれ餌」は、制限給餌では少ないが、不断給餌ではある程度発生する。スノコ上に給餌器がある豚舎では、こぼれ餌が汚水に混じることで、汚水浄化処理への負荷を増加させる原因になる。第4章の2に記載したように、飼料のBODや窒素の濃度はふん尿よりも高いため、こぼれ餌が汚水に入る量の制御は、汚水浄化処理において1つの要点となる。

飼料の形状によって程度に差があるが、飼料が水分を含むと可溶化やけん濁化がされやすい。ふん尿混合豚舎では、こぼれ餌の全量が汚水に入り、BODや窒素の多くが一次処理を通り抜けて、二次処理に入ると考えられる。一方、ふん尿分離豚舎においても、スノコ下のピット内で、尿、こぼれ水、洗浄水などに接することで可溶化やけん濁化が進み、かなりの部分が汚水に流入するものと考えられる。

飼料の成分は、窒素に比べてBODが高い。このため、こぼれ餌の増加は、二次処理におけるBODの除去に対して負荷の増大となる。一方、窒素の除去に対しても負荷の増大となるが、BOD/Nを高めて硝化脱窒に有利に働く側面もある。ただし、有利に働くためには、二次処理施設にこぼれ餌由来のBODを十分に浄化処理できるだけの能力がなくてはならない。

こぼれ餌が多く発生する主な要因としては、豚の頭の大きさに比べて給餌器の間口が広すぎるために豚同士の闘争などで2頭が同時に頭を突っ込んでこぼす、逆に狭い場合も闘争により落ち着いて採食できないためにこぼす、給餌器の高さが低いために飼槽に足を突っ込んでこぼす、給餌器の調節板の隙間が広すぎるために飼料が多く出すぎてこぼすといったことがある。豚の体格にあった給餌器の使用と給餌器の調節板のこまめな調節が、飼料の無駄とふん尿処理施設への負荷の低減に有効である。

（2）自動計測による負荷低減

飼料費は、輸入原料高騰により、コストの半分以上を占めるようになっている。一貫経営の場合、購入飼料の約80％が子豚や肥育豚用の飼料である。このため、リアルタイムで給餌量を把握することは、農場経営において最重要項目である。一方、飲水量は、豚の発育に密接な関係がある。汚水浄化処理に対しても、こぼれ餌の発生量や給水量が影響する。給餌量や飲水量に前日と差が出たときは、素早く対応することが重要である。要因として、病気、環境の変化、飼料の切り替えタイミングなどが考えられる。

このようなことを解決するためのシステムが開発され、いくつかの農場で稼働している。飼料タンクに計量器（ロードセル）、水道配管に水量計を設置し、各棟ごとに自動計測する。各部屋の空調データも合わせ、構内LANで事務所のコンピューターへデータ送信するようになっている。このようなシステムを用いて最適な管理を行えば、1頭あたりの生産から排出されるふん尿量やこぼれ餌の量を少なくでき、汚水処理への負荷を低減できると考えられる。

（3）ドライ用給餌器の適切な管理

給餌器と言えば一般的に図5-3に示す形状のものである。豚の体格や飼育ステージに合わせて、メーカーごとに、いくつかのサイズがラインナップされている。給餌器内にストックされた飼料が飼槽に出る量を調整するためのレバーやハンドルが設置されている。こぼれ餌を減らすには、豚の体格に合う適切なサイズの給餌器を選択し、飼料の出具合を常にチェックして調整することでムダな飼料を出さないようにすることが重要である。

図5-3　ドライ用給餌器の例

（4）ウェット用給餌器の適切な管理

飼料と給水をひとつにまとめた給餌器である。豚房の一辺に沿って配置するタイプ（図5-4）、豚房の間仕切柵に設置するタイプ（図5-5の左）、豚房の比較的中心に設置するタイプ（図5-5の右）などがあり、それぞれに豚の体格に合わせたサイズがある。飼槽の間口や給水器の形、それぞれの数や高さは、給餌器によって様々である。給餌器内にストックされた飼料が飼槽に出る量を調整するためのレバーやハンドルが設置されている。ドライ給餌器と同程度のこぼれ餌が発生する。こぼれ餌を減らすには、豚の体格にあった適切なサイズの給餌器を選択し、飼料の出具合を常にチェックして調整することでムダな飼料を出さないようにすることが重要である。

肥育豚一頭口用（12～15頭程度飼育用）　肥育豚二頭口用（24～30頭程度飼育用）　中豚二頭口用（24～30頭程度飼育用）

図5-4　豚房の一辺に沿って配置するタイプのウェット用給餌器
中段に飼料が出る棚があり、こぼれ餌は下の槽に入る。下の槽に給水器があり、押すと水が出るが、直接は飲めず、下の槽に落ちた飼料と飲む構造になっている。

子豚用　肥育豚用　子豚用　肥育豚用

豚房の間仕切り柵に設置するタイプ　豚房の中心に設置するタイプ

図5-5　円形型ウェットフィーダー

（5）リキッド用給餌器の適切な管理

リキッドフィーディングは、嗜好性が上がり、採食スピードが速くなるため、豚の生育のバラツキが少なく、飼料要求率が改善できること、コンピューター制御で給餌データが蓄積できて管理数値として活用できること、および粉飼料に比べてこぼれ餌が少ないことなどの特徴がある。

リキッドフィーディングでは、パイプラインで液餌飼料を送っており、流動性を上げるために乾物と液体の混合比率を1：3～4に設定する。肥育豚のドライ給餌の場合、乾物量と飲水量の比率は1：2と言われており、リキッドフィーディングでは、明らかに水分摂取量が多く、尿量の増加、またはふんの水分の増加が見られる傾向にある。

リキッドフィーディングを導入した養豚事業場で、飼養頭数あたりの汚水の汚濁物質量が、他の養豚場よりも高くなっている事例が見られている。これは、高水分のふんが汚水に溶け出易いために、スクレーパー方式のふん尿分離豚舎において、汚水側にふんの成分が多く入るためだと考えられる。また、余った飼料液を畜舎汚水に混入させるシステムも見受けられ、汚水のBODや窒素の量を引き上げる要因になっている。システムのプログラムを変更可能な場合は、余った液餌飼料に腐敗防止のための有機酸などを添加し、コンタミ防止のために種類別のストックタンクに一時貯留し、次回のミキシング時に使用するように変更することが望ましい。

給餌器には、ステンレススチール製、プラスチック製（硬質塩化ビニール管半割、ポリエステルコンクリート製など）、半土管製のものがあり、給餌の制御方法によって以下の３つの型がある。

【制限給餌型】

豚房全幅の長さの飼槽（ロングトラフ、図5-6）で、全頭が同時に採食可能で、健康状態が一目で把握できる利点がある（図5-7）。1日の給餌量、給餌回数、給餌時間を決めたコンピューター制御により給餌する。制限給餌であり、飼槽の間口が広いため、こぼれ餌の発生は少ないが、給餌量などが最適な設定になっているか、常に気を配る必要がある。

飼槽の長さが1頭あたり30cm～35cmであり、豚房あたりに20頭飼育すると6m～7mの長さになるため、豚舎レイアウトが特殊になることや飼槽コストが増大することが欠点である。

図5-6　制限給餌型飼槽
（ロングトラフ、ステンレス製）

図5-7　制限給餌の採食状況
（採食時に一列に並ぶので豚を観察しやすい）

【不断給餌型】

飼槽が短く、飼養スペースの有効活用ができ、ロングトラフより安価である（図5-8）。豚房ごとの1日の給餌量はコンピューターで制御され、液面はセンサーで管理する。採食できる頭数が制限されるため、闘争が起こりやすいが、ドライ給餌器に比べるとこぼれ餌の発生が少ない。

図5-8　不断給餌型飼槽
（ステンレス製）

【併用型（ハイブリット型）】

制限給餌型と不断給餌型を組み合わせた給餌方法。飼槽は不断給餌型と同様に短く、液面センサーも付く。不断給餌型として利用できる一方、制限給餌型同様、1日の給餌量、給餌回数、給餌時間を決めたコンピューター制御により給餌できる。ただし、1回の給餌を更に複数回に分けて液面センサーまで給餌する。センサーが故障した場合も考慮してあり、数秒間飼料が出続けるとタイマーが作動して給餌が止まる。最初に強い豚が食べ、その後弱い豚も食べられるように3回くらいに分けると良い。

（6）飼料の形状

飼料の形状（図5-9）もこぼれ餌の量に影響があると言われている。こぼれ餌量は、マッシュの場合、育成豚で多く肥育豚で少なく、ペレットの場合、育成豚で少なく肥育豚で多いとされているが、ペレットの方が高価であり、汚水浄化処理費用を含めたコストを検討して選択する必要がある。代表的な飼料の形状を以下に示す。

①マッシュ

粉飼料。最も一般的な飼料の形状。粉砕したトウモロコシ、マイロ、大麦などの穀類に大豆油粕、菜種油粕などを主として配合している。また、ビタミン、カルシウム、リンなどの微量要素も添加されている。

②ペレット

固形飼料。マッシュを蒸気加熱してペレットマシンで短い円柱状に加圧成形した飼料。飛散が少なく、嗜好性も優れている。加工時の熱処理により殺菌されているが、ビタミン、アミノ酸の破壊もある。マッシュ飼料よりも要求率が5～10％程度改善されると言われているが、飼料単価が高い。

③クランブル

ペレットを更に均一な粒径に粉砕し、食べやすくした飼料。消化性が良く、マッシュに比べて衛生的にも良いことから、子豚用飼料に適している。ペレットよりも高価になるが、飼料効率が良いとして肥育豚に使用している場合もある。

④顆粒

マッシュを粉砕して微粉にしたものを顆粒状に加工した飼料。人工乳に使われる。

⑤リキッドフィード

液餌飼料。原料や添加物などが液状になっている飼料、または原料に水や焼酎粕などを加えて流動性を増した飼料。コンピュータープログラムによりパイプラインで水分と飼料を計量しながら供給する。日増体や採食量が増加し、飼料あたりの増体量も改善される。

マッシュ　　ペレット　　クランブル　　顆 粒

図5-9　代表的な飼料の形状

（7）残飼の取り扱い

給餌器や、リキッドフィーディングの飼料貯留槽や飼料搬送パイプラインなどの残飼や洗浄水を汚水に投入している場合、高負荷の汚濁物質源になる可能性がある。また、汚濁物質が高濃度で含まれる汚水が不定期に多量に汚水浄化処理施設に投入されるようなことがあると、活性汚泥処理が不安定になる。汚水浄化処理施設が、このようなことを考慮した設計になっている場合は良いが、考慮されていない場合は、いったん貯留して数日間に分けて汚水浄化処理したり、高濃度で少量ならば堆肥化処理に混ぜ込むなどの処理をするべきである。

4. 酪農におけるこぼれ餌の制御

牛舎でこぼれ餌が汚水浄化処理に影響する場合は少ないと思われるが、濃厚飼料の過剰な給餌や、固形物として分離できる残飼の汚水への混入などが行われている場合は、なるべく堆肥化処理に振り分けるべきである。

第6章　一次処理での管理指針

1．畜舎内分離

（1）ふん尿混合豚舎

①ふん尿混合豚舎の構造

ふん尿混合豚舎にはいくつかのタイプがあるが、ここでは、広く普及している床下ピット式のオーバーフロー排出の豚舎について述べる。この豚舎は、床の一部あるいは全面をスノコ状にし、ふん、尿、こぼれ餌、こぼれ水、洗浄水などが同一のピットに落ちる構造になっている（図6-1）。通常時の汚水は、スノコ下のピットに溜まった状態になっており、一定量以上の汚水が溜まると上澄み液のみが豚舎外に排水される（図6-2）。オールアウト時などに適宜、オーバーフローパイプを引き抜き、貯留された汚水を底に溜まった汚泥とともに排水する（図6-3）。排水用の栓が、畜舎の外にあるタイプもある（図6-4）。

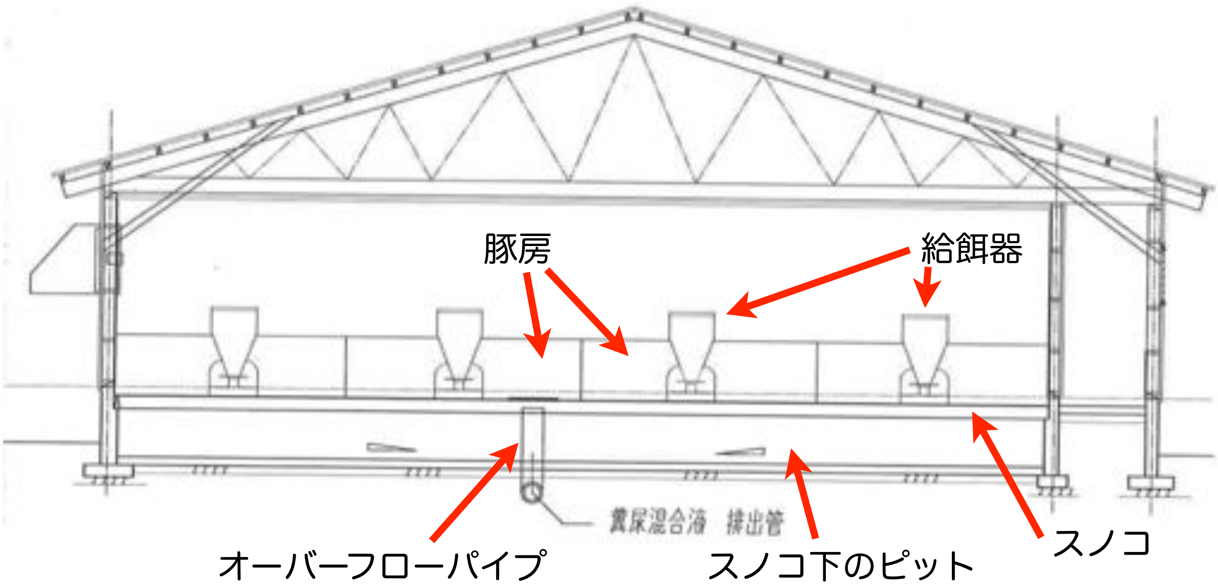


図6-1　スラリー豚舎オーバーフロー舎内型の例
（混合液は、オーバーフローパイプ（排出管）の上部より常に流れ、
適宜オーバーフローパイプを抜いて底に溜まった汚泥を抜く）

図6-2　オーバーフローパイプ
（ピット内の液が一定水位以上になると、上澄み液がパイプの
上端付近にある切込み部分から、常時舎外へ流れ出る）

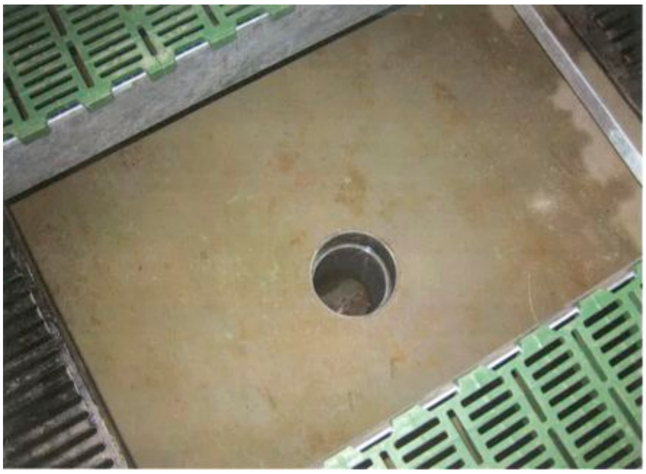


図6-3　オーバーフローパイプを抜いたところ
（適時、オーバーフローパイプを抜いてピット底部にたまった汚泥を舎外へ流す）

図6-4　排出用の栓が舎外にあるタイプのふん尿混合豚舎

②ふん尿混合豚舎の管理のポイント

ふんの全量が汚水に入るため、汚水の汚濁物質量の季節変動が少ない。また、ふんは、汚水の主要なBOD源であるため、汚水のBOD/Nが高くなり、硝化脱窒による窒素除去に有利である。この半面、一次処理後に残留するBODや窒素がふん尿分離豚舎よりも多いため、二次処理施設に大きな容積が必要になる。

ふん尿混合豚舎では、スノコ下ピットなどに貯留されている間に有機物の分解が進むことから、貯留期間が以降の固液分離処理の固形物の分離率に影響する。スノコ下ピットの滞留について、上澄み液のみがオーバーフローしている期間の長さや、オーバーフローパイプを抜いたときの排水の程度など、いくつかのパターンが想定され、汚水浄化処理に影響を与えていると考えられる。上澄み液のみの汚水に比べ、沈殿した汚泥を含む汚水は汚濁物質濃度が高いため、日々の汚水をそのまま浄化処理施設で処理するようにすると、二次処理への負荷が大きく変動する要因になる。汚水貯留槽をオーバーフローパイプの引き抜き頻度に見合うだけの容積とし、変動を小さくする必要がある。

ふん尿混合豚舎の一般的な注意点は、汚水の水位を常に注意し、排水パイプ内の流れを良好にしておくことである。また、フラッシング時は、一挙に栓を抜き、底面に溜まった汚泥をできるだけ排出させる。表6-1にトラブルの事例を示す。

表6-1　ふん尿混合ピットの管理におけるトラブル事例

	現　象	原　因
1	ピットの栓を抜いてもスラリーが出きらない	オールアウト後のピット底部に5～10㎝の水を張るのを怠り、ふんがピット床に固着した。
2	すのこの上までスラリーが上がってきた	オーバーフローなどの配管の目詰り。 オーバーフロー排出がないタイプのときは、定期的な汚水の排出を怠った。
3	コバエがわく	施設を使い始めの時期は発生しやすい。数か月経ち馴致するといなくなる。
4	子豚の状態が悪くなった	何らかの原因でピットの栓が抜け、スラリーが出てしまい、新たに水を張ったため冷えてしまった（急激な環境変化）。

（2）ふん尿分離豚舎

①ふん尿分離豚舎の構造

人力でふんを分離しているところと、機械式で分離しているところがある。ここでは、機械式で広く普及しているスクレーパー方式の豚舎について述べる。この豚舎は、

床の一部あるいは全面がスノコ状になっており、ふん、尿、こぼれ餌、こぼれ水、洗浄水が同一のピットに落ちる。畜産事業場によっては、手かきでスノコ上の固形物を除去しているところもある。汚水は、ピット内のふん尿分離パイプ（Oパイプ）に入り、パイプ内を流れて舎外へ導かれる構造になっている（図6-5、図6-6、図6-7）。ふんやこぼれ餌などの固形物は、除ふん機（スクレーパー）によって集められ、スクリューコンベアーなどで汚水とは別の所に搬出される。ふんやこぼれ餌の汚水に溶け出なかった分は汚水に入らない。

スクレーパー本体には、左右1対のアングル状のソリが付いており、Oパイプの溝にフタをしながら進むことで、パイプ内にふんや固形物が入りにくい構造になっている（図6-7）。スクレーパー本体にOパイプ内を掃除する構造（一部ゴム製で通称”オタマ”）が付いているので、稼働する度にパイプ内がきれいになる。

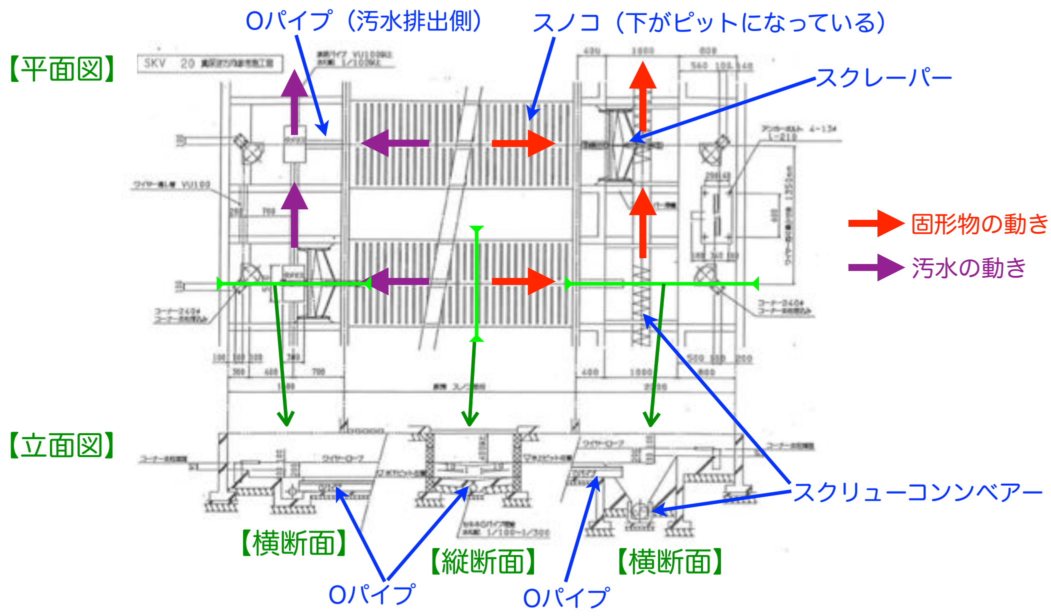


図6-5　分離豚舎の例

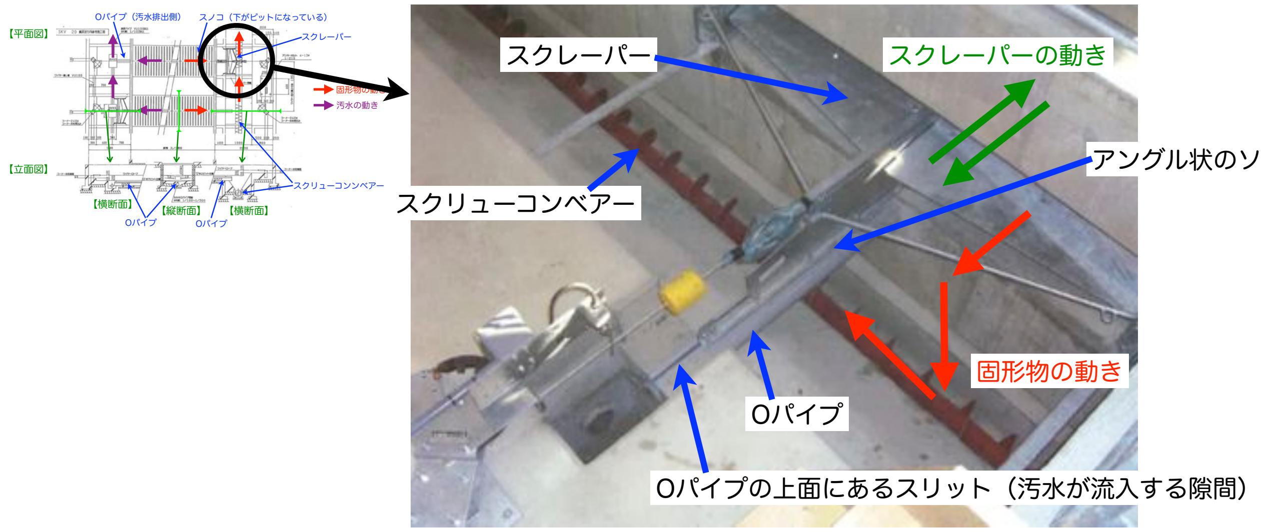


図6-6　スクレーパーによる固形分排出部とスクリューコンベアー

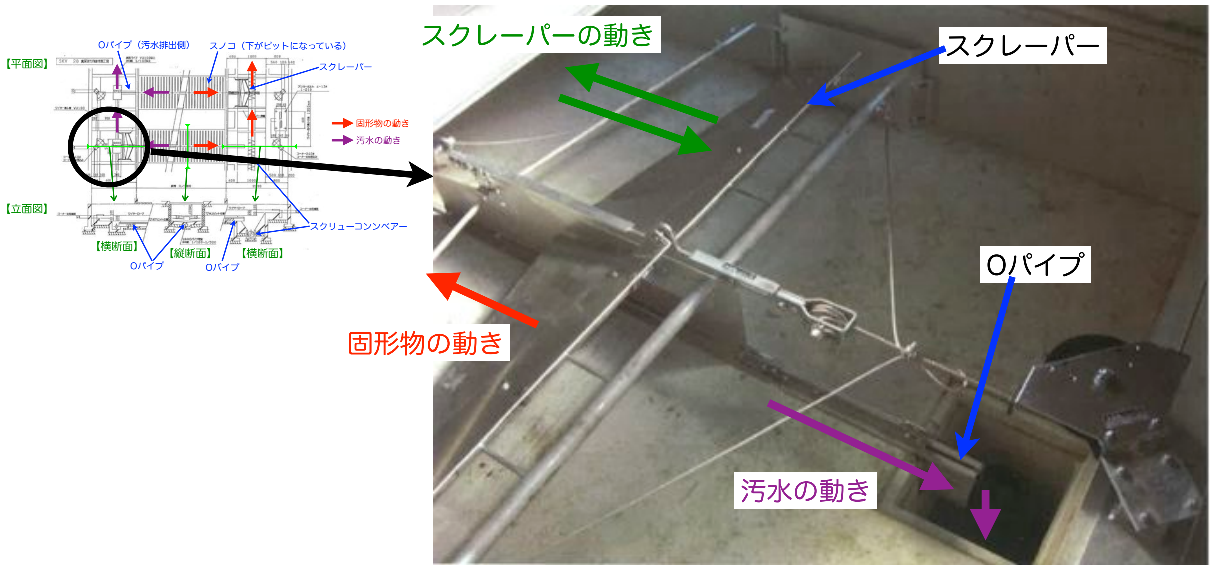


図6-7　Oパイプを流れてきた汚水の排出部

②ふん尿分離豚舎の管理のポイント

　ふんやこぼれ餌の成分が汚水に入る割合が少ないため、汚水浄化処理施設で処理する汚濁物質量が軽減される。一般的な管理のもとでは、ふんの80％が汚水に入らず、固形物として回収されるとされている。スクレーパーを含む畜舎内の管理状況にもよるが、回収された固形物の水分が低く、堆肥化処理が容易である。この半面、汚水に入る汚濁物質量が、尿、こぼれ水、洗浄水などの液体の発生量や、ふんの性状、並びにクレーパーを含む畜舎内の管理状況に影響される。窒素を多く含む尿は常にほぼ全量が汚水に入るのに対して、主なBOD源であるふんは汚水に入る量が変動するため、BOD/Nが変動しやすい。硝化脱窒に必要とされる2.5～3よりも低下し、汚水浄化処理施設での窒素除去を困難にしている場合がある（図6-8）。

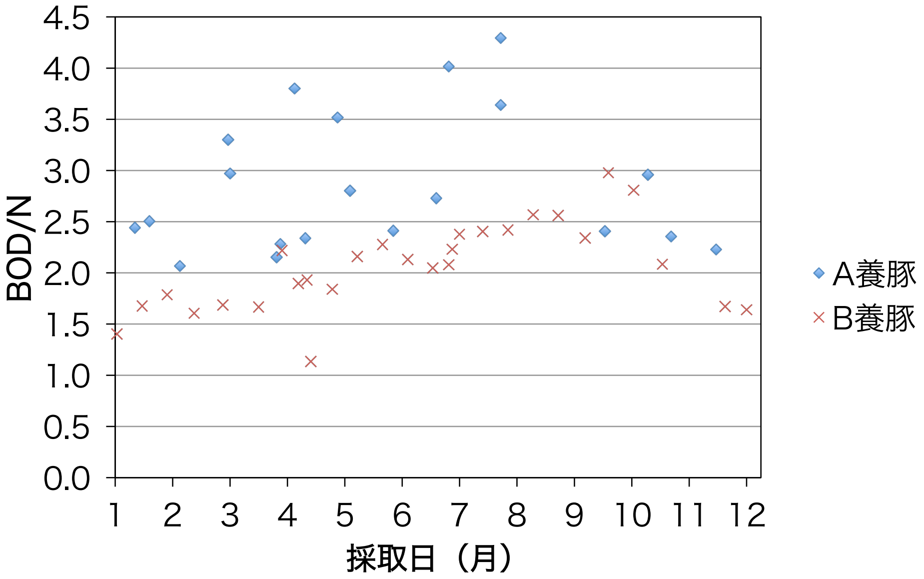
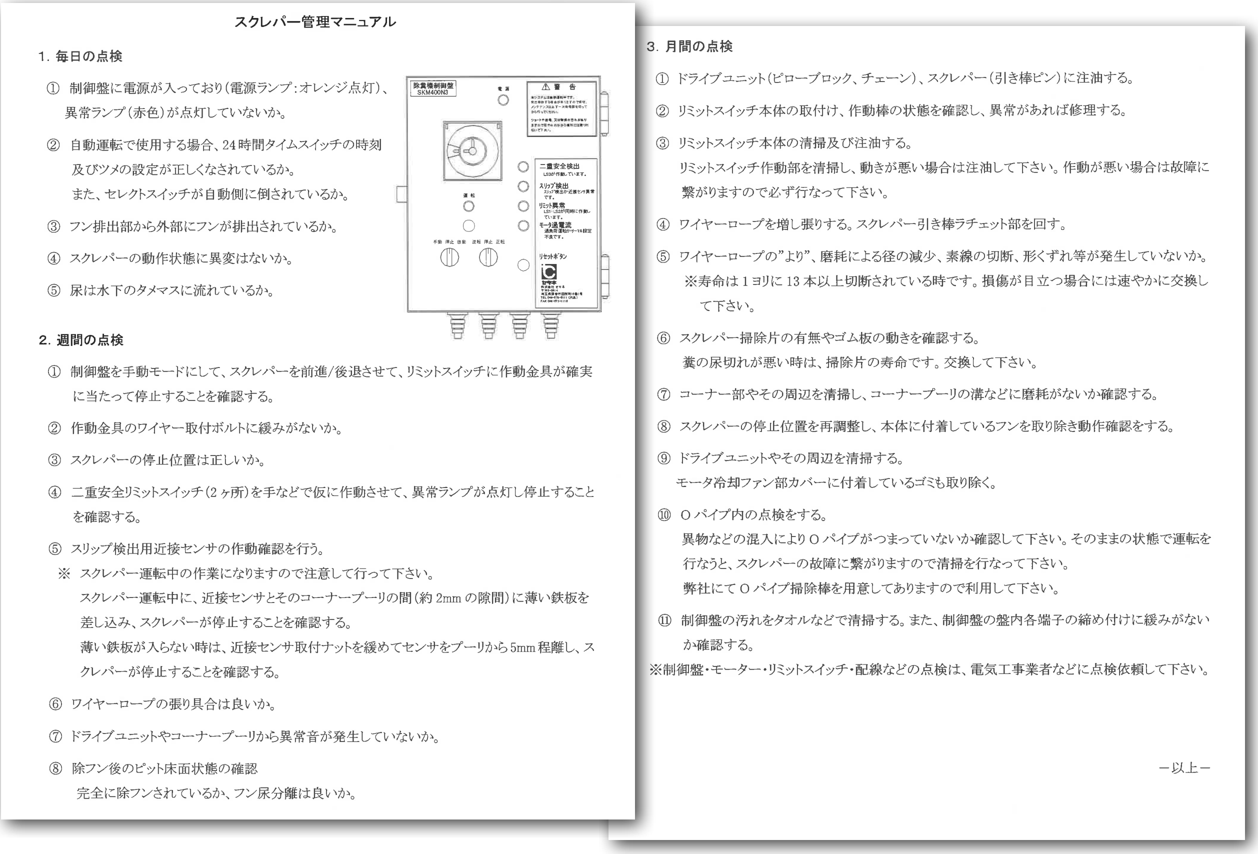


図6-8　ふん尿分離豚舎汚水のBOD/Nの例
（全体的にこぼれ水や洗浄水が少ない冬期にBOD/Nが低い）

尿、こぼれ水、洗浄水などの液体の発生量が多くなると、固形物が汚水に溶け込む量が多くなる。また、ふんの水分が多いことでも、汚水への溶け込みが増加する。

スクレーパーを含む畜舎内の管理状況としては、こぼれ水や洗浄水の発生量もあるが、スクレーパーの稼動頻度やメンテナンスも重要である。スクレーパーの稼動頻度が少ないと、固形物と液体が接触する時間が長くなり、固形物が汚水に溶け込む量が多くなる。また、牽引するワイヤーやモーターなどへの負荷が大きくなり、故障の原因にもなる。メンテナンスを怠り、スクレーパーが正常に動作しなかったり、オタマなどの消耗部品が劣化したり、スクレーパー自体が摩耗した状態で稼働すると、汚水への固形物の混入が多くなる。また、このような状態で稼働を続けると、Oパイプの破損や可動部分の摩耗にもつながる。各自の施設の取り扱い説明書を熟読し、適切な管理を行うことが重要である。図6-9にスクレーパー方式豚舎の管理方法の一例、表6-2にトラブルの事例を示す。



スクレパー管理マニュアル

1. 毎日の点検

① 制御盤に電源が入っており（電源ランプ：オレンジ点灯）、異常ランプ（赤色）が点灯していないか。

② 自動運転で使用する場合、24時間タイムスイッチの時刻及びツメの設定が正しくなされているか。
また、セレクトスイッチが自動側に倒されているか。

③ フン排出部から外部にフンが排出されているか。

④ スクレパーの動作状態に異変はないか。

⑤ 尿は水下のタメマスに流れているか。

2. 週間の点検

① 制御盤を手動モードにして、スクレパーを前進/後退させて、リミットスイッチに作動金具が確実に当たって停止することを確認する。

② 作動金具のワイヤー取付ボルトに緩みがないか。

③ スクレパーの停止位置は正しいか。

④ 二重安全リミットスイッチ（2ヶ所）を手などで仮に作動させて、異常ランプが点灯し停止することを確認する。

⑤ スリップ検出用近接センサの作動確認を行う。
※ スクレパー運転中の作業になりますので注意して行って下さい。
スクレパー運転中に、近接センサとそのコーナープーリの間（約2mmの隙間）に薄い鉄板を差し込み、スクレパーが停止することを確認する。
薄い鉄板が入らない時は、近接センサ取付ナットを緩めてセンサをプーリから5mm程離し、スクレパーが停止することを確認する。

⑥ ワイヤーロープの張り具合は良いか。

⑦ ドライブユニットやコーナープーリから異常音が発生していないか。

⑧ 除フン後のピット床面状態の確認
完全に除フンされているか、フン尿分離は良いか。

3. 月間の点検

① ドライブユニット（ピローブロック、チェーン）、スクレパー（引き棒ピン）に注油する。

② リミットスイッチ本体の取付け、作動棒の状態を確認し、異常があれば修理する。

③ リミットスイッチ本体の清掃及び注油する。
リミットスイッチ作動部を清掃し、動きが悪い場合は注油して下さい。作動が悪い場合は故障に繋がりますので必ず行なって下さい。

④ ワイヤーロープを増し張りする。スクレパー引き棒ラチェット部を回す。

⑤ ワイヤーロープの"より"、磨耗による径の減少、素線の切断、形くずれ等が発生していないか。
※寿命は1ヨリに13本以上切断されている時です。損傷が目立つ場合には速やかに交換して下さい。

⑥ スクレパー掃除片の有無やゴム板の動きを確認する。
糞の尿切れが悪い時は、掃除片の寿命です。交換して下さい。

⑦ コーナー部やその周辺を清掃し、コーナープーリの溝などに磨耗がないか確認する。

⑧ スクレパーの停止位置を再調整し、本体に付着しているフンを取り除き動作確認をする。

⑨ ドライブユニットやその周辺を清掃する。
モータ冷却ファン部カバーに付着しているゴミも取り除く。

⑩ Oパイプ内の点検をする。
異物などの混入によりOパイプがつまっていないか確認して下さい。そのままの状態で運転を行なうと、スクレパーの故障に繋がりますので清掃を行なって下さい。
弊社にてOパイプ掃除棒を用意してありますので利用して下さい。

⑪ 制御盤の汚れをタオルなどで清掃する。また、制御盤の盤内各端子の締め付けに緩みがないか確認する。

※制御盤・モーター・リミットスイッチ・配線などの点検は、電気工事業者などに点検依頼して下さい。

－以上－

図6-9　スクレーパーの取扱説明書の例

表６-２　ふん尿分離豚舎のスクレーパーピットの管理におけるトラブル事例

	現　象	原　因
1	機器類の故障	日常点検不良、部品の損耗によるメンテナンス不良。電気的な故障（制御盤にエラー表示が出る設備もある）。
2	ふんが残る	スクレーパーの稼働頻度が少ない。スクレーパーの重量不足で掻き取り不良。部品の損耗や劣化によるスクレーパー機能の喪失。
3	ふんが掻けない	スクレーパーの稼働間隔が長く過負荷で止まる。部品の損耗や劣化によるスクレーパー機能の喪失。
4	Oパイプの溝にワイヤーが挟まり止まる	Oパイプの隙間に対しワイヤー径が太いためである。ワイヤー径を細くすると切断や伸びが発生しやすい。隙間が広いOパイプもあるが施工後の交換はできない。
5	落雷でシーケンサーが壊れた	シーケンサー制御の製品は性能が良く利用者が増えているが落雷に弱い（落雷防止装置の設置を推奨）。

（3）牛舎

ふん尿混合で処理している場合はふん尿混合豚舎に、バーンクリーナーなどでふん尿分離している場合はふん尿分離豚舎に記載してあることに準じた管理を行う。牛舎の場合、汚水に敷料や土が混入している場合が多い。このような場合は、一次処理における沈砂槽や固液分離機などを確実に行うようにする。

（4）パーラー排水について

パーラー排水を主に浄化処理している施設では、消毒排液が直接活性汚泥に入ると微生物がダメージを受けるので、1日程度溜めおくなどの工夫が必要である。

活性汚泥処理は汚濁物質の流入量の変動が大きいと、安定した浄化処理機能を維持するのが困難になる。パーラー排水そのものは汚濁物質量が少ないため、廃棄乳を混ぜたり、不定期にふん尿が入るような管理をしてはならない（図6-10）。廃棄乳は、常時同量が出ることはなく、負荷変動の原因になりやすいため、流入させてはならない。堆肥に混ぜ込むなど、別途処理するべきである。ふん尿は、どうしても入ってしまうことがあるのならば、毎日同量程度が入るようにするか、大きめの貯留槽で溜めおくことにより平均化するようにする。ただし、汚水浄化処理施設がふん尿の分も含めた施設設計になっていなくてはならない。

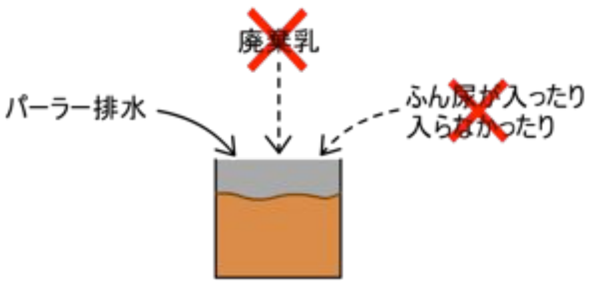


図6-10　パーラー排水処理に 廃棄乳を入れたり時々ふん尿が入ったりしてはならない

2. 貯留槽

能動的な「処理」ではないが、一時的に貯留することにより、この後に続く処理設備に流入する汚水の流量を一定にしたり、畜舎汚水の汚濁物質の濃度が大きく変動しているときに濃度を安定化させるたりする機能がある。汚水を貯留すると、比重の重い固形物が沈殿するため、曝気やミキサーによって撹拌するようになっているものも多い。

貯留槽は、何らかのトラブルにより浄化処理が止まってしまったり、一時的に畜舎からの汚水量が増えてしまったりした場合のため、容積が大きいものを備えておくべきである。しかし、日常的に、長期間の貯留をするような管理をすると汚水浄化処理に悪影響が出る可能性がある。貯留すると、ふん尿混合とふん尿分離のどちらの豚舎汚水でも、BODが低下する一方で全窒素がほとんど変わらず、BOD/Nが低下する（図6-11）。ふん尿分離豚舎汚水では、29日間の貯留により、硝化脱窒による窒素除去が十分になされない可能性があるレベルまでBOD/Nが低下した。ふん尿混合豚舎では、スノコ下のピットに長期間貯留するような構造の場合、BOD/Nの低下が問題になる可能性が考えられる。ふん尿分離豚舎では、汚水を長期間貯留することは少ないが、畜舎内での固形物の分離が良い場合は、畜舎汚水のBOD/Nが低いため、短期間の貯留でも問題になる可能性がある。

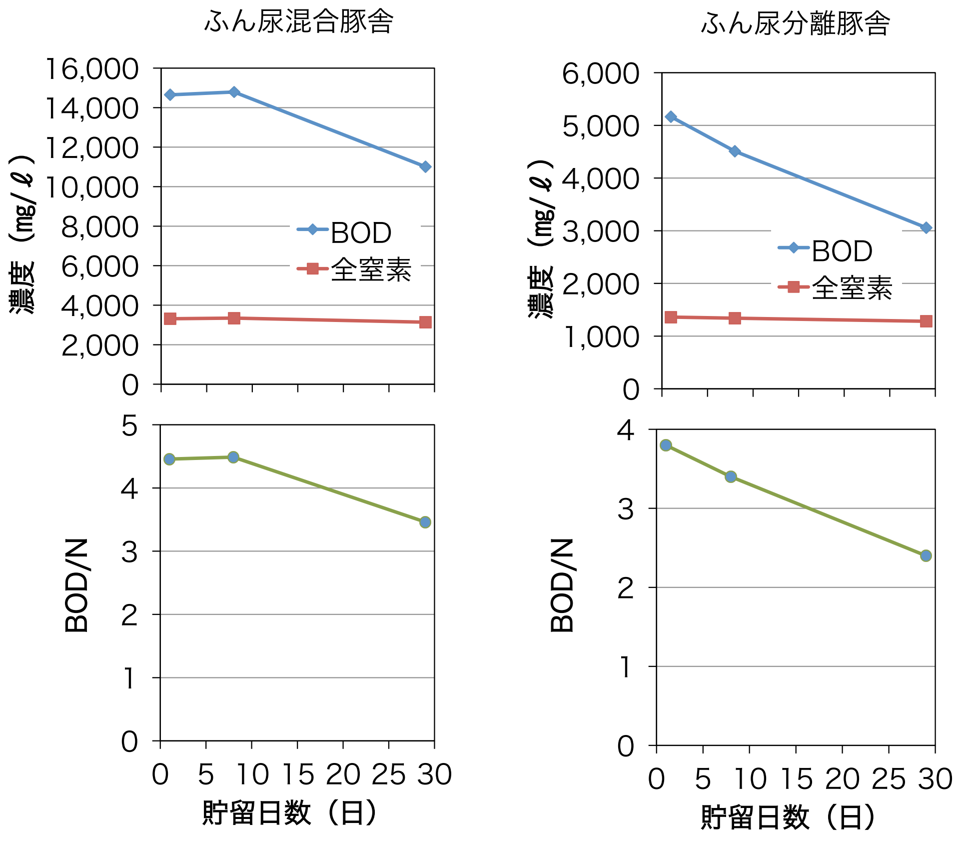


図6-11　貯留期間が豚舎汚水の性状に与える影響の例
（それぞれの汚水を一定期間25℃で保管後に分析した）

3. 沈砂槽

構造的には、5分ほどの滞留時間となる容量で、有効水深が30〜50cm程度の規模があればよい（図6-12）。例えば、もっとも汚水の流量が高い時間帯に1分あたり50ℓが流れ込むとすると、$0.05m^3 \times 5$分＝約$0.25m^3$の有効容積が必要になる。有効水深を50cmとすると、$0.25m^3 \div 0.5m$＝約$0.5m^2$の面積が必要になり、水槽の一辺を1mとすると、もう1辺は50cmとなる。沈殿した砂が貯まる深さを30cmとすれば、深さ80cmの槽になる。

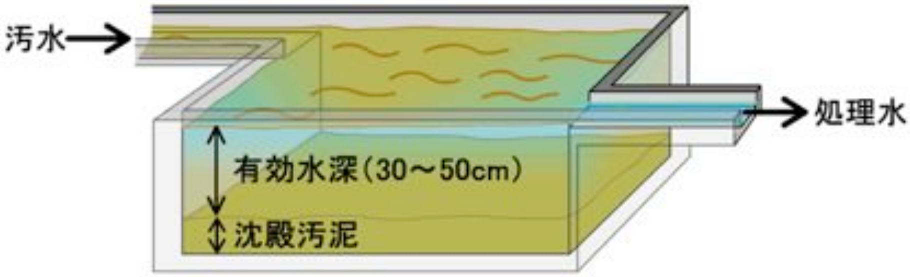


図6-12　沈砂槽の例

沈砂槽は、速やかに沈殿する砂などを分離するためのものであり、窒素やBODなどの汚濁物質の除去を目的としていない。しかし、沈砂槽またはこれに代わる設備がないと、汚水浄化処理施設内の槽内に砂などが堆積したり、固液分離機の故障の原因になったりする。

沈砂槽による砂などの分離は、滞留時間が重要である。沈殿物が蓄積すると容積が狭くなり、滞留時間が短くなる。水切りの付いたジョレンなどを用い、定期的に沈殿物を除去することが重要である。

4. 固液分離機

【固液分離機に共通する内容】

固液分離機は、主に粗めの固形物を除去するものであり、分離した固形物に含有される窒素成分は除去されるが、大半が分離汚水側に行くため、大幅な窒素低減は望めない。しかし、二次処理で安定した窒素除去を行うためには、固液分離機、最初沈殿槽もしくは凝集分離設備のいずれかを一次処理に備えている必要がある。畜舎汚水には、微生物に分解されにくい粒度の大きな固形物が含まれている。このような固形物は、ある程度の量ならば、二次処理にて活性汚泥に吸着され、余剰汚泥として汚水から除去される。しかし、活性汚泥の吸着能力を超えるような流入量になると、活性汚泥への吸着が

されずに処理水に流出したり、余剰汚泥としての排出が間に合わずに汚泥に蓄積したりする。汚泥に蓄積した事例として、牛舎パドックの汚水を一次処理せずに浄化処理している施設で、SV30が適切な状況でありながら浄化がほとんど進まないため、活性汚泥を顕微鏡観察したところ、ほとんどが微生物ではなくゴミであったことがある。微生物に分解されにくい固形物は、なるべく一次処理で除去することが重要である。

固液分離機は、基本的には、スクリーン（篩）を通すことで、通り抜けできない固形物を分離する構造であるが、スクリーンを通す方法や、スクリーンの形状などによって、様々な型式がある。それぞれの構造や特異的な管理のポイントについては、以降の項目に、固液分離機の型式別に記載する。

固液分離機に共通する管理項目として、流入量の調整がある。固液分離機のスクリーンには、一定流量の汚水が流入しなくてはならないため、流量を調整する機構が必ず設置されている。多く用いられている方法は、原水槽に設置した水中ポンプからの配管を分岐させ、１つを固液分離機に、もう１つを原水槽に接続し、それぞれにバルブを設置して流量を調整する簡易的なものである（図6-13）。安価な方法であるが、ポンプや配管の詰まり、汚水濃度、原水槽の水位などで容易に水量が変化する。スクリーンに適正水量が流入しているかを日常的に確認し、必要に応じてバルブの調整、並びにポンプや配管のメンテナンスを行う必要がある。

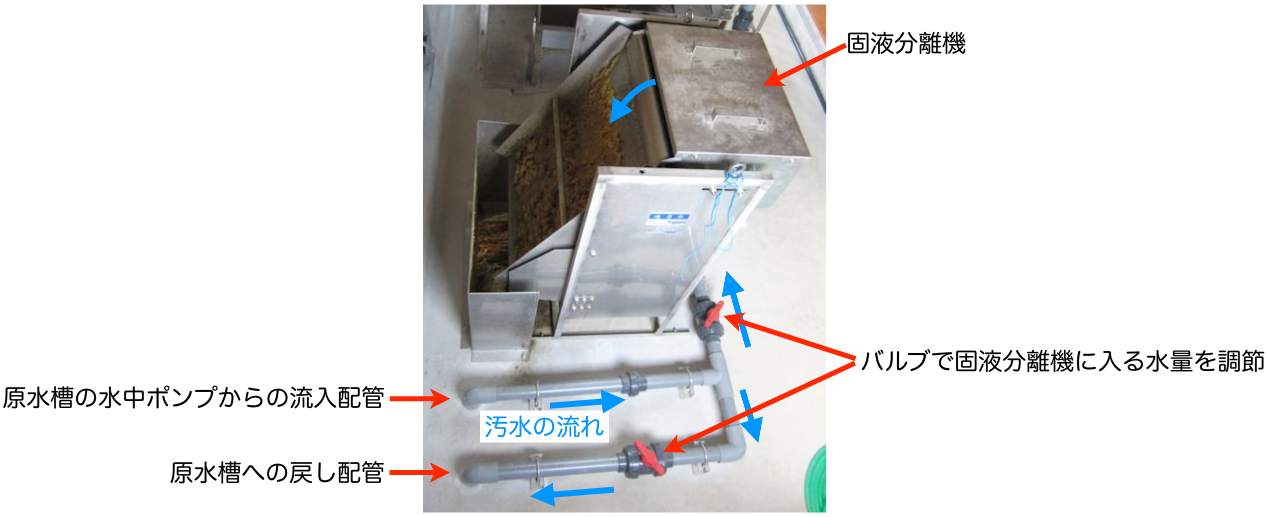


図6-13　簡易な流量調整機構

（1）傾斜スクリーン型固液分離機

①構造と機能

代表的な傾斜スクリーン型固液分離機は、ウェッジワイヤースクリーンである（図6-14）。逆三角形をしたウェッジワイヤーと呼ばれる線材を目開き0.5～2mm幅で並べたスクリーンで固液分離する（図6-15）。傾斜したスクリーン上に汚水を上部から通過させるだけの単純な構造であるが、分離対象物の状態に応じて汚水の流入量やスクリー

ンの角度を調整する必要がある。構造が簡単な反面、ふん尿混合汚水など粘性が高い汚水には不向きで、目詰りが発生すると、汚水がスクリーンを通過せずに分離汚泥の方に流れ出てしまう「水走り」現象を起こし、固形物側に汚水が流出する。目詰りを除去する機構を持つタイプもある（図6-14）。重力分離のため、分離汚泥の含水率が比較的高く、85%程度である。

②管理方法

通常、処理時に汚水がスクリーン長の3分の1程度で水切れしている状態を適正とする。日常的に、スクリーンに適正水量が流入しているか確認し、バルブなどの調整を行う。

取水に使用するポンプ以外の動力を必要としないため、機械的なトラブルはほとんどないが、クリーニング機構を有さないタイプは目詰りが発生しやすい傾向にある。ウェッジワイヤーが目詰りを起こした場合は、スクリーンでろ過ができずに「水走り」現象が発生する。この場合、高圧洗浄機やクエン酸溶液などでスクリーンの表面を清掃するとともに、スクリーンを反転させ、網の裏面を洗浄して固形物の除去を行う（図6-16）。

図6-14　傾斜スクリーン型固液分離機
外観（左）、ブラシで目詰りを除去するタイプ（中）、稼働中の様子（右）

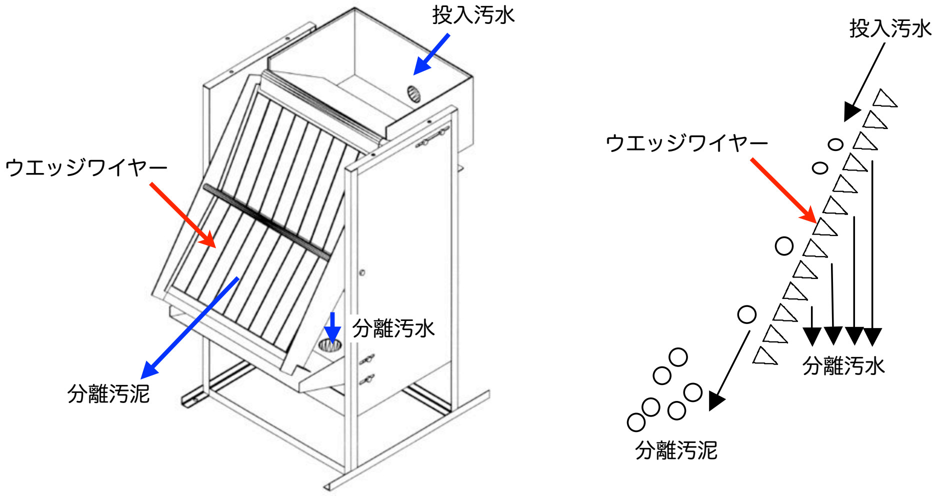


図6-15　傾斜スクリーン型固液分離機の構造（左）と分離のイメージ（右）

裏面への固形物堆積

裏面高圧洗浄機清掃後の状態

図6-16　スクリーンの洗浄

（2）振動篩型固液分離機

①構造と機能

わずかに傾斜させたスクリーン（篩）を機械的に振動させ、汚水を上部から流入させて固形物と分離汚水に分離する構造である（図6-17）。機械的に振動させることで、固形物は造粒しながら下部へ移動して行き、分離汚水のみがろ過される構造となっている。振動は振動モーターとスプリングで支持された金網の共振で与えられる。金網は20メッシュ（目開き0.85mm）前後のものが主流で、目詰りしにくい特徴があり、粘性の高いふん尿混合汚水にも対応が可能である。振動により、水切れがよいため、分離汚泥の含水率が80％程度になる。

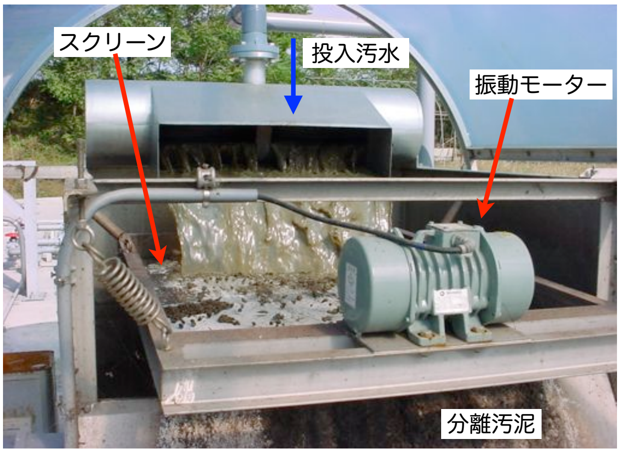


図6-17　振動篩型固液分離機の外観（左）と構造（右）

②管理方法

日常的に、スクリーンに適正水量が流入しているか（固形物の方に汚水が流出していないか）、振動モータの稼働状況は正常か、スクリーンに破損はないか、スクリーンに目詰りが生じてないかを確認する。破損や故障箇所は早急に修繕する。流入量の異常や目詰りは、調整や清掃など適切な対処を行う。

振動篩型固液分離機は、目詰りをしにくい構造であるが、スクリーン上に固形物が堆積すると、水走りが発生して分離ができなくなるため、このような状況になった場合は高圧洗浄機などでクリーンの表面を清掃し、固形物の除去を行なう。

（3）ベルトスクリーン型固液分離機

①構造と機能

スクリーンとして、25メッシュ（目開き0.71mm）程度のろ布をベルト状に成型したものを用い、重力である程度水分が分離された固形物をローラーで圧搾する構造である（図6-18）。ろ布走行式で、セルフクリーニング機構があるため、ろ過速度が速く、ろ布の目詰りもしにくいのが特徴である。ふん尿混合汚水のようなSS成分が非常に高い汚水に適している。ローラーとベルトの圧搾機構により、分離汚泥の含水率が比較的低く、77～80％程度である。

図6-18　ベルトスクリーン型固液分離機

②管理方法

日常的に、スクリーンに適正水量が流入しているか確認し、バルブなどの調整を行う。

目詰りしにくい構造であるが、固形物が堆積すると「水走り」が発生して分離ができなくなるため、このような状況になった場合は、高圧洗浄機などで清掃を行い、固形物の除去を行う。

回転ベルトとスクレーパー間で固形物を除去する構造になっているため、その間に豚毛などが堆積した状態で長時間運転すると、ろ布が破断することがある。ろ布は消耗品とはいえ高価なものであるため、定期的に豚毛を除去することが重要である（図6-19）。

ベルトスクリーン型固液分離機は、石などの混入により、ろ布が破断することがあるため、これらが混入しない対策が必要である。

図6-19　ベルトスクリーン型固液分離機のろ布の破断

（4）トロンメル型固液分離機

①構造と機能

回転する円筒状のスクリーンに汚水を流し込み、固液分離する構造である（図6-20）。固形物の分離は、基本的には重力によって行われるため、分離汚泥の含水率は比較的高く85％程度になる。

図6-20　トロンメル型固液分離機

②管理方法

日常的に、スクリーンに適正水量が流入しているか確認し、バルブなどの調整を行う。

単純な構造であり、故障は少ないが、回転モーターやスクリーンの目詰りに注意する。スクリーンが目詰りしたときは、高圧洗浄器やクエン酸溶液などで洗浄する。

（6）スクリュープレス型固液分離機

①構造と機能

スクリュー軸の外周に一定のクリアランスを設けながらリング状の板を並べ、この板の隙間がスクリーンとなって分離汚水が出る構造である（図6-21）。固形物は、板の隙間から重力ろ過で脱水されながらスクリューにより搬送される。固形物の排出側に重りで加重がかかっており、スクリューの押し出しによって圧縮される。分離汚泥の含水率が75～85％程度になる。

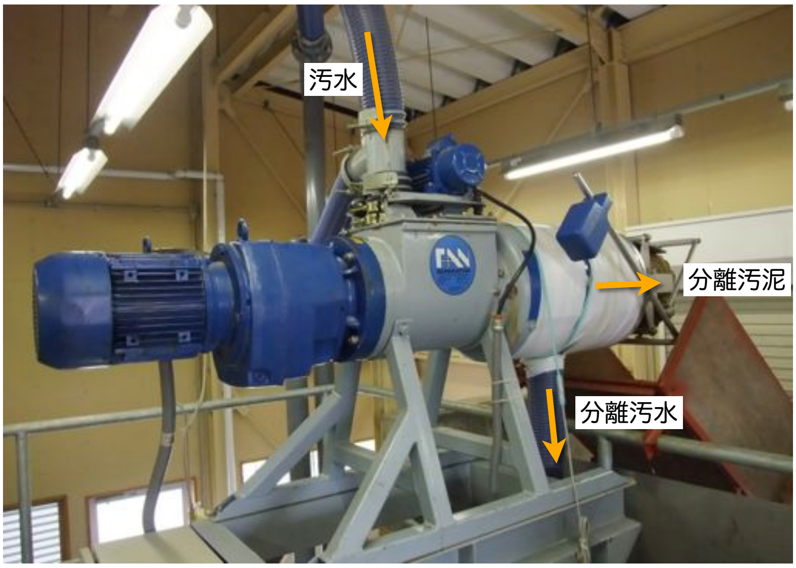


図6-21　スクリュープレス型固液分離機

②管理方法

日常的に、適正水量が流入しているか確認し、バルブなどの調整を行う。

本装置では、砂や毛などの異物の混入が、可動部分の磨耗・損傷の原因になる。また、安定した分離には、汚水濃度の安定が必要である。前段の沈砂槽や傾斜スクリーン型固液分離機などによる前処理、並びに汚水の撹拌を正常に稼働させることが、安定的な稼働のポイントであり、これらの設備の日常的な点検が必要である。

スクリーンを形成するリング状の板とスクリューが接触して従動しているため、摩耗による定期的な交換が必要である。日常的に固液分離状態を確認し、異常があれば消耗部材の交換や故障箇所の修繕を早急に行う。

（7）多板波動型固液分離機

①構造と機能

2種類のプレートを一定の隙間をおいて交互に数百枚積層することでフィルターが構成されている（図6-22、図6-23）。分離汚水はプレートの間から落下し、プレートが交互に円運動を行う事により、プレート上の固形物が排出方向へ搬送され、ウエイトによ

り圧搾されて排出される。プレートの円運動により、プレート間の隙間が清掃され、目詰りを防止している。高濃度の汚水の場合も、この目詰り防止機構により、フィルター面の清掃は不要であり、洗浄水を必要としない。捕捉された固形物がフィルター面を覆うマット状になることで、さらに微細な固形物を補足して、高い固形物の回収率になる。ウエイトで圧搾されるため、分離汚泥の含水率が75%前後になる。

②管理方法

日常的に、スクリーンに適正水量が流入しているか確認し、バルブなどの調整を行う。

砂などの異物が一時的に大量に混入すると稼働部の摩耗や故障の原因になる。また、安定した分離には、汚水濃度の安定が必要であるため、原水槽汚水の撹拌などを正常に稼働させることが管理のポイントとなる。

目詰りや部品の消耗が少ないが、日常的に固液分離状態を確認し、異常があれば故障箇所の修繕を早急に行う。

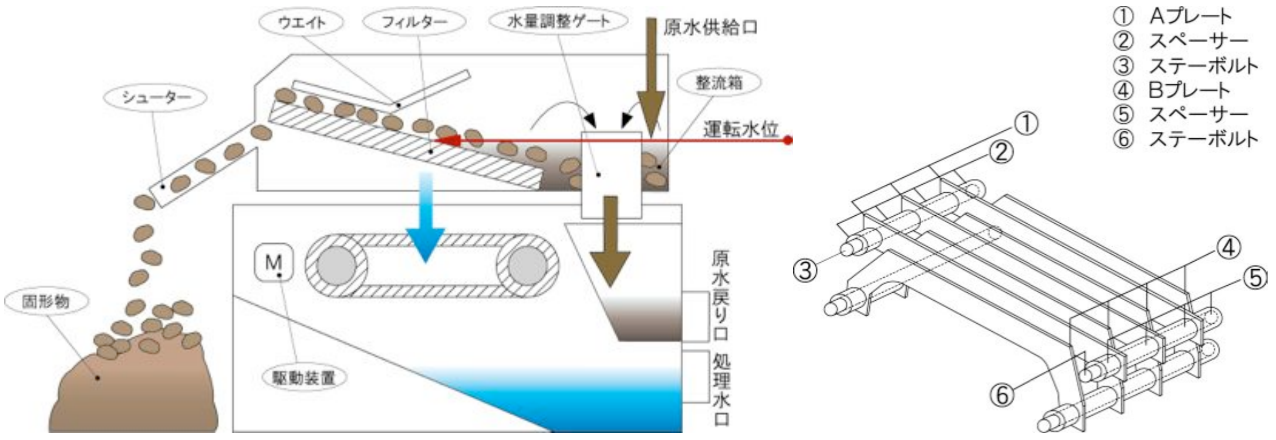


図6-22　多板波動型脱水機の全体（左）とフィルター部分（右）の構造イメージ

図6-23　多板波動型スクリーンの全景（左）および
フィルターの汚水導入部（右上）と分離汚泥排出部（右下）

5. 最初沈殿槽

（1）設備の構造と機能

汚水に含まれる微細なSSを静置することにより、比重差によって沈殿分離する。沈殿物中には濃縮された有機物や無機物が含まれており、この沈殿物を引き抜くことにより、後に続く浄化処理の負荷を軽減する。固液分離機よりもBODやSSの除去率が高いとされているが、大幅な窒素低減は望めない。固液分離機の項に記載したように、粗大な固形物を除去することで、二次処理施設が正常に稼働できるようにすることが主な目的である。

最初沈殿槽内には、流れ込む汚水が越流堰に向う水流ができる。この流速が、汚泥沈降よりも速いと沈殿しないことになる。したがって、汚水は沈殿槽に一定の流速で入る必要があるため、流量調整槽と計量槽がセットになった構造になっている（図6-24）。計量槽などで一定の流量とし、センターウエルなどによって越流堰への上向流を均一にする構造となっており、6時間程度の静置時間が取れる容量とする。底盤は60度以上の傾斜があるハンチ構造（図6-24）にするか、汚泥掻き寄せ機（図6-25）付きにする。分離汚泥は水分が高いので、凝集分離などを用いた脱水処理が必要である。

（2）管理方法

目視による上澄み液の濁りの確認が重要である。通常に比べて濁っていたり、沈殿槽水面のスカムが多いときは、何らかのトラブルが生じている可能性がある。その場合は、下記の点を確認する。

- 調整槽から計量槽への送液が正常か。
- 計量槽は、日汚水量÷24を時間あたりの流量に設定されているか。
- 沈殿汚泥の引き抜きポンプは正常に稼働しているか。
- 沈殿汚泥の引き抜きは、流入汚水量の10～15％を1日12～24回程度に分割して行われているか。
- スカムが発生した場合は、引き抜き汚泥量を増やす。もしくは、滞留時間が長くなりすぎた場合も発生することから、この場合は調整槽に汚水を希釈する水を入れて滞留時間を調整する。

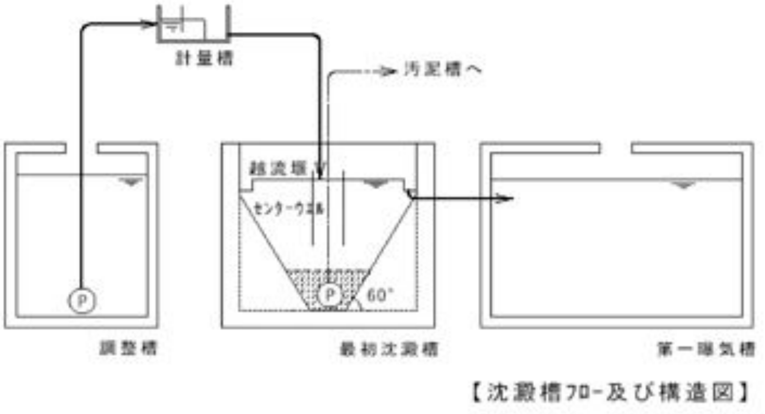


図6-24　沈殿槽のフローおよび構造図

図6-25　沈殿槽の汚泥掻き寄せ機

6. 凝集分離設備

（1）設備の構造と機能

従来の固液分離処理を行った汚水と余剰汚泥を混合し、高分子凝集剤を添加して固液分離機では除去できない微細なSS成分を凝集（フロック化、図6-26）させ、脱水機にて脱離液（分離汚水）と脱水ケーキ（分離汚泥）に分離（図6-27）する処理方法である。固液分離機のSS除去率が30％程度であるのに対し、凝集分離処理ではSS除去率90％程度の高い分離性能を有することが特徴であり、畜舎にてふん尿分離を行えない施設や、水の使用量が少なく汚水濃度が高い施設に適した処理方法である。

凝集分離設備は、凝集剤溶解・供給槽、凝集剤溶液定量ポンプ、汚水流量調整器、汚水と凝集剤溶液の混合槽、脱水機からなる。脱水機には、ベルトスクリーン型（図6-28）、多重円盤型（図6-29）、スクリュープレス型（図6-30）、多板波動型（図6-31）などの種類が畜産分野で採用されている。脱水機によっては、石などが混入することで破損したり、消耗部材の寿命を縮めたりすることがあるため、混入しない対策が必要である。分離汚泥の水分は、脱水機の性能にもよるが、70～85％程度である。

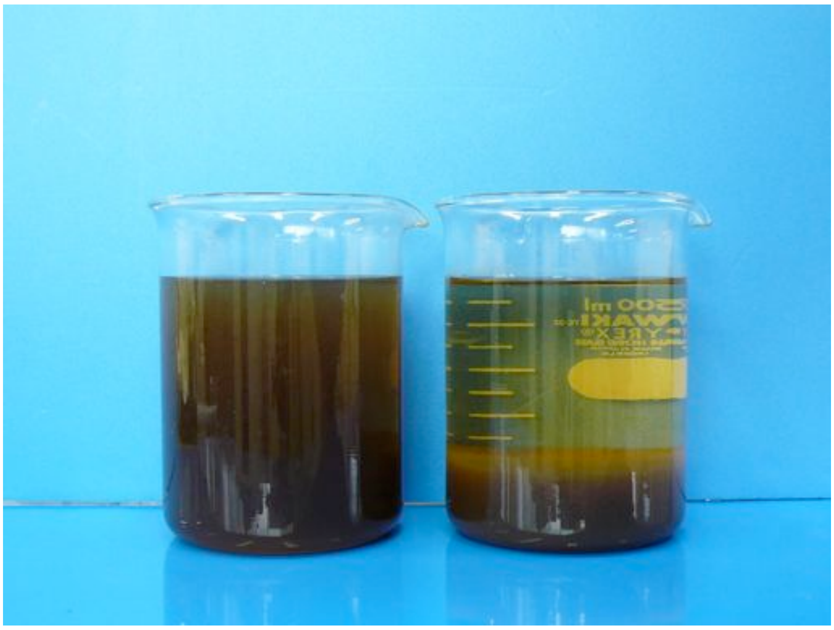


図6-26　凝集剤添加前（左）と凝集剤添加後（右）の汚水

（右側はSSが凝集して沈殿している）

図6-27　凝集分離処理前の汚水（左写真の左側）、凝集分離後の脱離液（左写真の右側）と脱水ケーキの排出部（右写真）

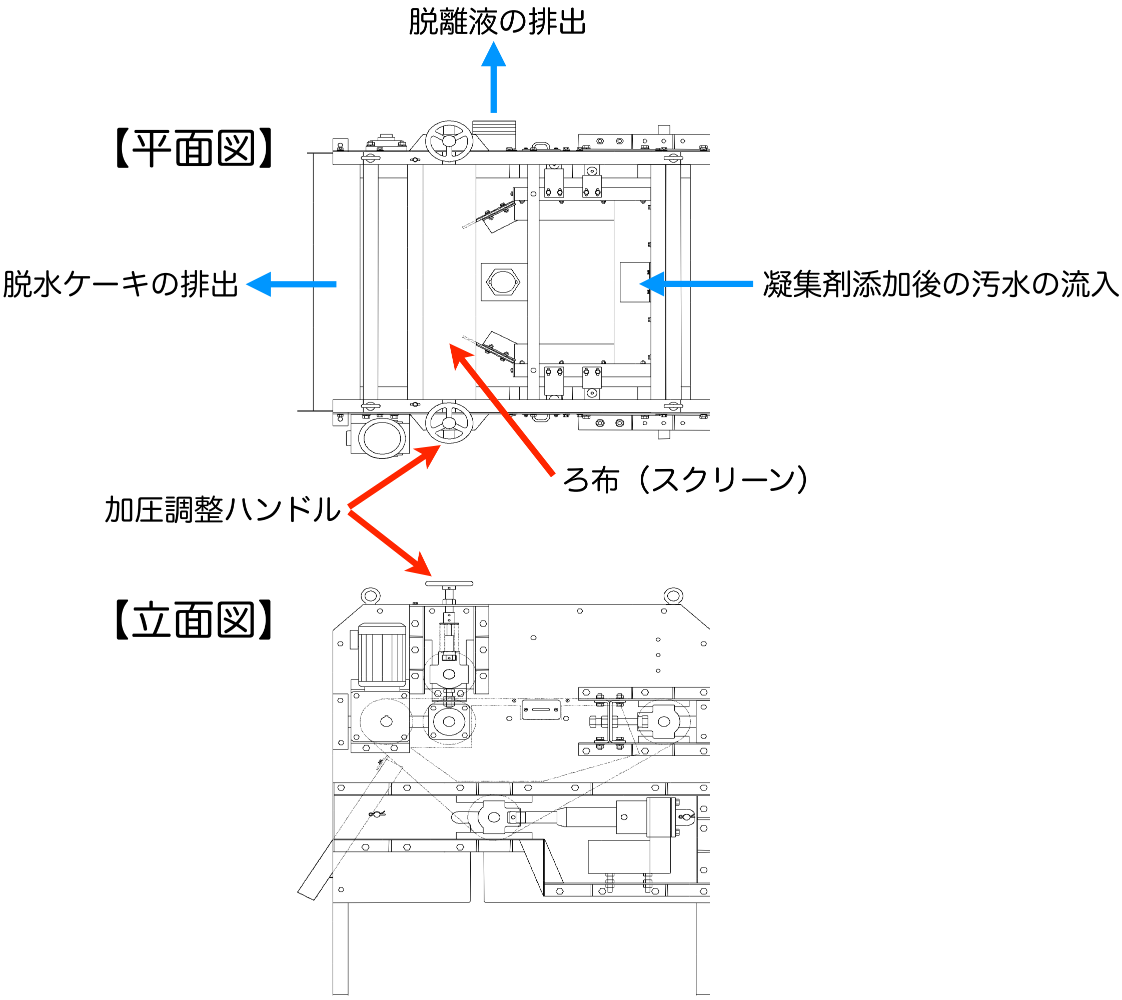


図6-28　ベルトスクリーン型脱水機の構造

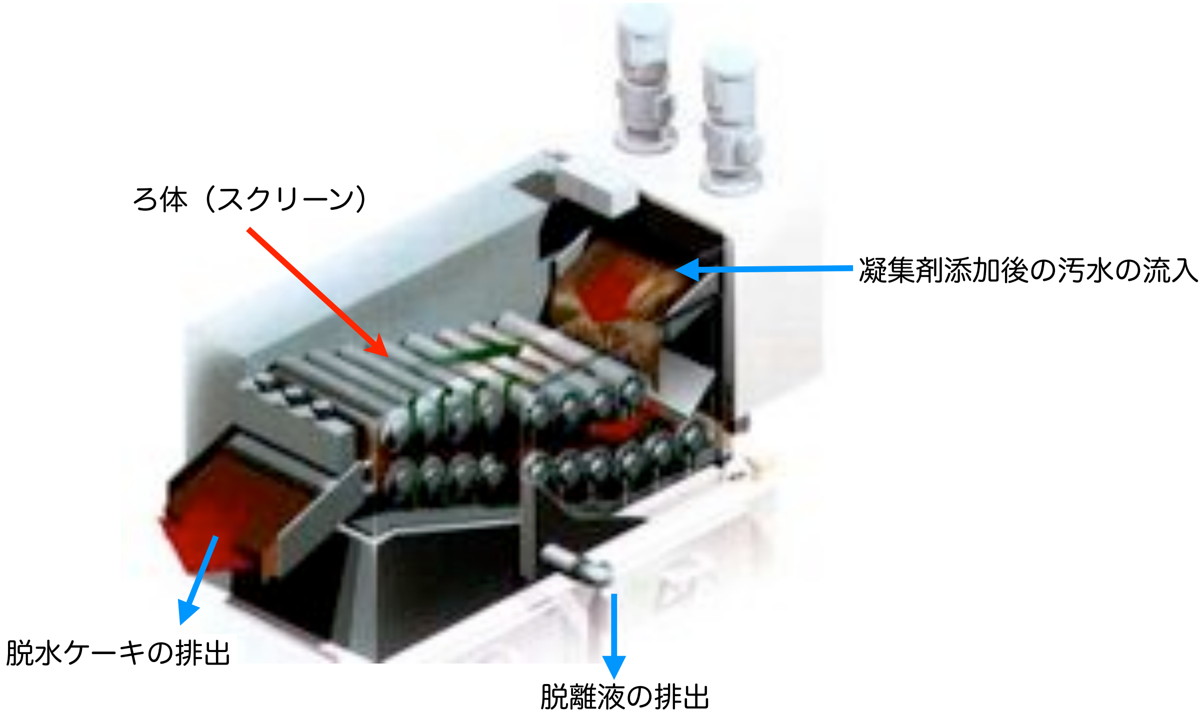


図6-29　多重円盤型脱水機の構造（（株）鶴見製作所　提供）

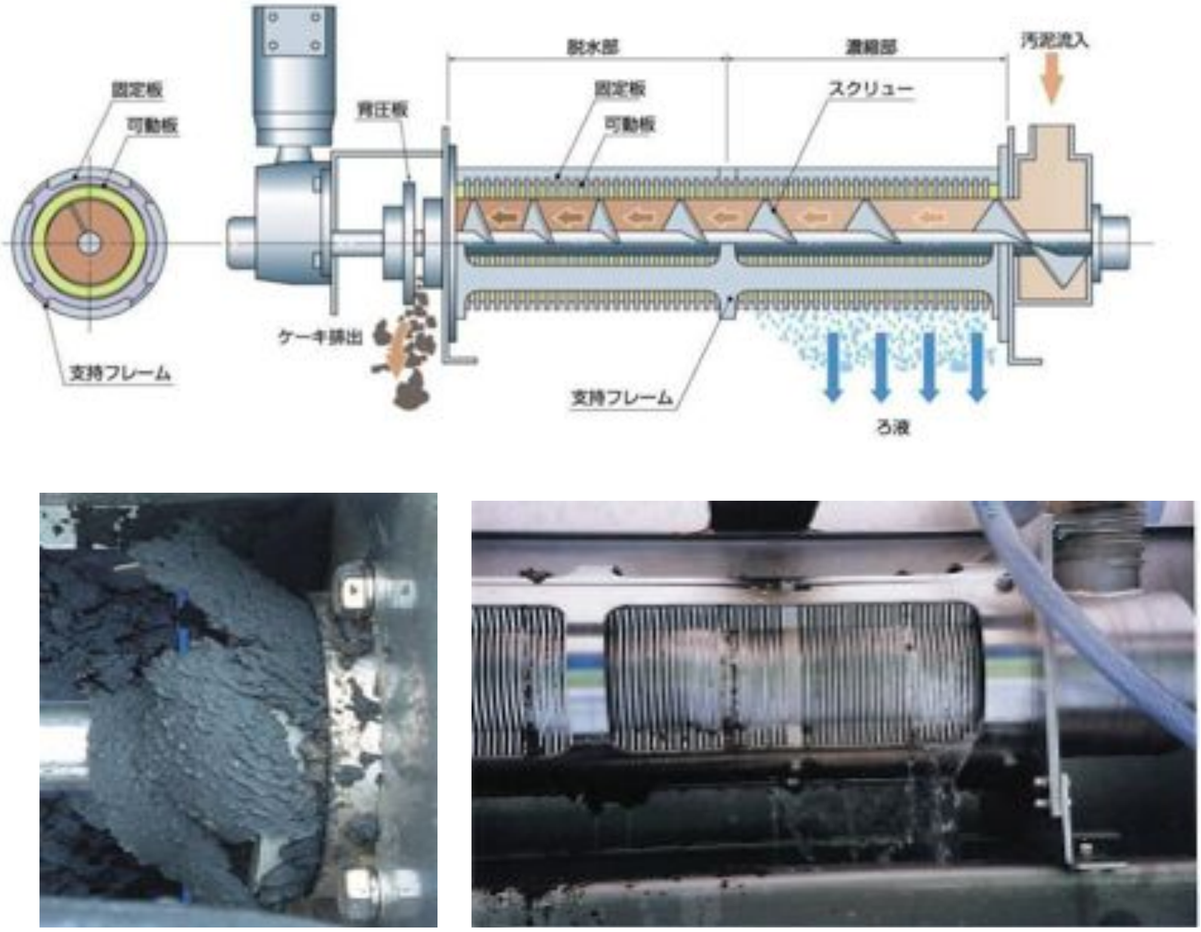


図6-30　スクリュープレスの構造（上）、脱水ケーキ（左下）と脱離液排出部（右下）
（（株）鶴見製作所 提供）

図6-31　多板波動型脱水機の外観（上）、固液分離部分の構造（左下）、固液分離部分のウエイトを上げたところ（右下）（ジャステック（株）提供）

ふん尿混合豚舎汚水を凝集分離処理したときの事例を、他の固液分離法と合わせて表6-3に示す。この事例は、凝集分離の除去率が、SSで92%、BODで79%、全窒素で58%であり、他の固液分離法と比べて高いことを示している（表6-3）。ただし、BOD/Nが6.8から3.4に大きく低下している。この事例では、BOD/N低下が窒素除去に支障がない範囲であるが、汚水によっては悪影響を及す可能性があるため、注意が必要である。

凝集分離処理では、大きい粒子から微粒子成分までの除去を行うため、SS成分に多く含有されるたんぱく質などの有機性窒素の除去率が高い。しかし、汚水を長期間貯留した場合、SS成分に含まれる有機物がバクテリアなどの作用で水に溶解する割合が高まる。表6-4に、貯留期間を変えたときの凝集分離による除去の違いを試験した事例を示す。貯留期間が長くなることにより、処理前の汚水のBOD濃度が低下するが、全窒素はほとんど変化していない。さらに凝集剤処理による除去率の低下が、BODよりも全窒素

の方で顕著であった。これらが合わさり、29日間の貯留後では、BOD/Nが硝化脱窒による窒素除去に必要なレベルを下回っている。このように、凝集分離処理は、なるべく新鮮な汚水に対して行うべきである。

表6-3　各種固液方法による汚濁成分の除去効果（事例）

固液分離方法	処理前汚水				処理後の分離汚水				除去率(%)		
	SS	BOD	T-N	BOD/N	SS	BOD	T-N	BOD/N	SS	BOD	T-N
傾斜スクリーン型固液分離機(目開き0.5mm)	16,000	10,500	1,540	6.8	14,300	9,400	1,460	6.4	11	10	5
ベルトスクリーン型固液分離機(目開き0.71mm)	16,000	10,500	1,540	6.8	11,200	7,700	1,200	6.4	30	27	22
凝集剤添加+ベルトスクリーン型固液分離機(目開き0.71mm)	16,000	10,500	1,540	6.8	1,300	2,200	640	3.4	92	79	58

※SS,BOD,T-Nの単位はmg/ℓ。

表6-4　凝集分離処理の効果に及す貯留期間の影響（事例）

汚水の種類	貯留期間（日）	処理前汚水				処理後の分離汚水				除去率(%)		
		SS	BOD	T-N	BOD/N	SS	BOD	T-N	BOD/N	SS	BOD	T-N
ふん尿混合豚舎汚水	1	33,000	16,000	3,440	4.7	360	7,500	1,610	4.7	99	53	53
	8	22,000	17,000	3,570	4.8	230	9,300	1,950	4.8	99	45	45
	29	25,000	9,300	3,130	3.0	220	4,840	2,020	2.4	99	48	35
ふん尿分離豚舎汚水	1	5,330	5,300	1,260	4.2	120	2,750	770	3.6	98	48	39
	8	4,120	4,950	1,230	4.0	113	3,300	870	3.8	97	33	29
	29	3,200	3,600	1,240	2.9	143	2,160	950	2.3	96	40	23

※SS,BOD,T-Nの単位はmg/ℓ。

凝集分離処理で効果的に固形物が除去されるためには、汚水に合う凝集剤の種類の選択と、凝集剤の適切な添加量が重要である。凝集剤の種類は非常に多くあり、畜舎汚水であっても、その性状によって適した凝集剤は違う。適した凝集剤の選択は、凝集分離設備を設置したメーカーに依頼するのが無難である。

凝集剤の添加量は、余剰汚泥の場合は、すでにある程度フロック化しているため、対SS比で0.5％程度である。これに対して、畜舎汚水の場合は、脱水できる程度にフロック化させるためには1～2％が必要である（図6-32）。この割合より少ないと、フロックが小さいか凝集せず、脱水機のスクリーンを通り抜けてしまい、設計どおりの汚濁成分の除去ができない。逆に過度の添加を行なうと、フロックはできるが、汚水全体が粘性をおび、脱水機のスクリーンを通らなくなって横モレが発生したり、脱水ケーキの含水率が高くなったりする。凝集剤添加量の計算例を次に示す。

例）SS濃度15,000㎎/ℓの汚水10m^3/日を凝集させるための高分子凝集剤量の計算式
SS量　　　　　　：15,000㎎/ℓ×10m^3/日＝150 kgSS/日
高分子凝集剤量　：SSに対し2%とすると、150kgSS/日×0.02＝3kg/日
凝集剤溶液量　　：凝集剤溶液の濃度を0.2%とすると、3kg÷0.002＝1.5m^3/日
脱水機への原水取水量を30ℓ/分とすると、高分子凝集剤溶液注入量は、4.5ℓ/分となる。

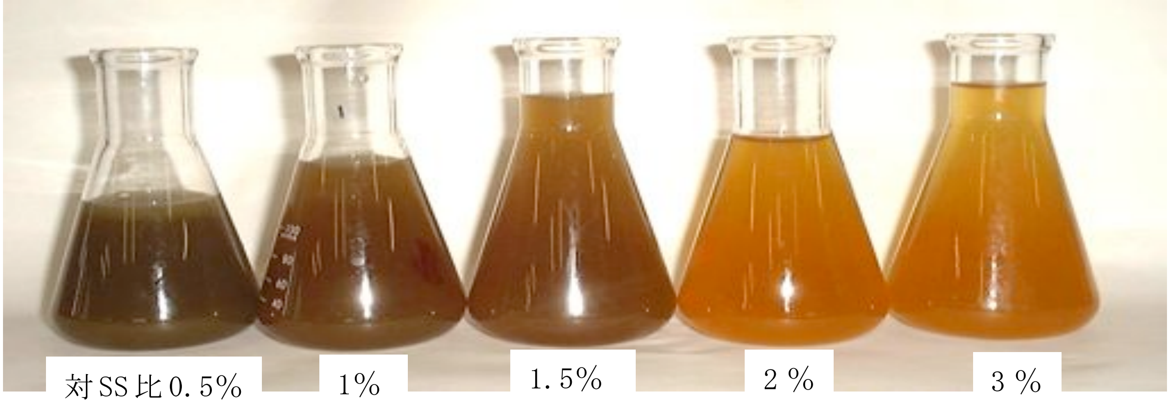


図6-32　高分子凝集剤添加量の違いによる凝集分離後の脱離液の状態（事例）
（添加量が低いと脱離液に汚濁成分が多く残っている）

高分子凝集剤の場合は、液に溶けた状態（エマルション系）で販売されている資材もあるが、経済性の面から粉末タイプを使用していることが多い。粉末を溶解するときは、きれいに分散させて水溶液を作ることが重要である。一気に凝集剤を投入すると、未溶解粒子同士が付着してダマになり、薬液注入ラインに閉塞を起こしたり、未反応のまま脱水ケーキ側に排出されたりする。面倒でもきれいな溶解液を作ることが重要である。連続的に自動で溶解する自動溶解装置もある（図6-33）。

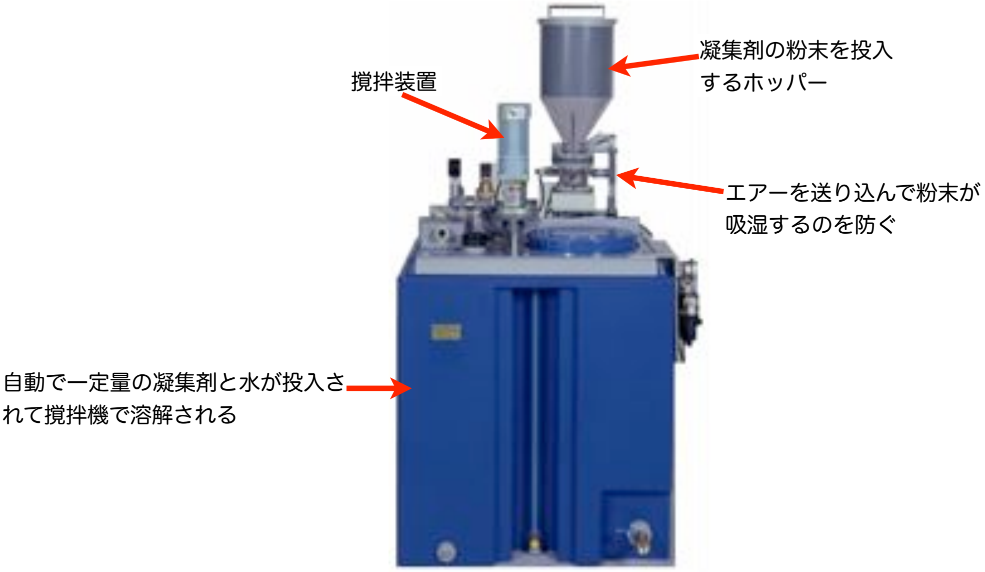


図6-33　高分子凝集剤自動溶解装置

（2）管理方法

凝集分離設備は多くの部品からなっているので、それぞれが正常に稼働していることを毎日確認し、故障や破損がある場合は早急に修理や部品交換をする。

汚水の量や濃度が日々変わらない農場では、凝集剤の添加量の調整はさほど必要ないが、水量が変化したりして濃度が変化する場合は、フロックの状態や脱水ケーキの状態を観察しながら調整する必要がある（図6-34）。

【正常なとき】

①凝集撹拌槽での、フロックの状態がよい。
（フロックが大きい）

②脱水機からの水抜けがよい。
（圧搾部分までに液切れしている）

③脱水ケーキの含水率が低い。
（脱水ケーキが厚く切れにくい）

④堆積した脱水ケーキが山の形に積みあがる。
（しみ出し水が少ない）

【異常なとき】

①凝集撹拌槽での、凝集状態が悪い。
（フロックが小さく、凝集していない）

②脱水機からの水抜けが悪い。
（圧搾部分まで液が残っている）

③脱水ケーキの含水率が高い。
（脱水ケーキが小さい）

④堆積した脱水ケーキが積み上らずに横に広がる。
（水分とともに排出される）

図6-34　凝集分離処理が正常と異常のときの様子

異常現象が見られた場合は、一般的に下記の対策が必要である。

- 凝集したフロックが小さい場合は、原水量に対して凝集剤量が不足しているので、凝集剤量を増やす。
- 凝集したフロックが大きいのに、固液分離機の水切れが悪い場合は、スクリーンの目詰りの可能性が高いため、洗浄を行う。
- 凝集したフロックが大きく固液分離機に溜まる場合は、汚水濃度が高く、脱水機の能力を超えているため、取水量を減らす。凝集剤量も比例して減らす。

凝集分離処理の窒素低減の観点からみた管理は、SS成分（大きい粒子から微粒子成分）の除去を行うことにより、SS成分に含有されるタンパク質などの有機性窒素の除去を行うことであるため、汚水が前段で長期間貯留してアンモニア性窒素になり、水中へ溶解する前にできるだけ早く除去することが必要である。

第7章　二次処理での管理指針

注意事項

- あらかじめ、平成22年に発行されている「畜産農家のための汚水処理施設管理マニュアル」もしくは、「畜産農家のための汚水浄化処理施設窒素対応管理マニュアル」の第2部を読み、基本的な施設管理を行っていなくてはならない。
- 曝気量や余剰汚泥の排出量の変更は、一度に大きく変えると過剰な変更になる危険性があるため、徐々に行う。変更してもすぐには変化が現れないため、水温の高い夏期は1週間、水温の低い冬期は2週間程度、そのままの設定で様子を見るようにする。なお、変更後は、状態が悪化していないか毎日様子を確認し、悪化した場合は、いったん変更を元にもどす。
- 曝気を弱くするときは、汚泥が底に堆積しない程度にする。堆積すると汚泥が腐敗するなどの支障が出る。汚泥の堆積は、数分間、曝気量を最大にし、汚泥の塊りが浮いてこなければ、撹拌できていたと判断する。
- 処理水の濁りや曝気槽の発泡などのトラブルが生じている場合、または設定の変更によって生じた場合は、簡易測定キットの測定結果への対応よりも、それらのトラブルの対応を優先して曝気量や汚泥量などを調整する。
- 急速に水質の悪化が進行した場合は、二次処理よりも前の処理に問題がある場合もある。このような場合は、汚水の量が増えていないか、濃度が高くなっていないか、一次処理（ふん尿分離処理、固液分離処理）が正常に稼働しているかを確認する。
- このマニュアルで想定できていない原因により、水質が悪化している可能性もある。対処方法にしたがっても改善しない場合や悪化した場合は、【異常状態】としての対処を行う。

測定結果をもとにした対処方法について

硝酸性窒素等に対応する施設管理は、「畜環研式浄化処理水の硝酸性窒素等簡易測定キット（簡易測定キット）」による処理水の測定を前提にしている。簡易測定キットの取り扱い方法については、第9章を参照いただきたい。

この章では、簡易測定キットによる測定値を「硝酸＋亜硝酸性窒素」と「アンモニア性窒素×0.4」と表記した。

簡易測定キットの測定結果をもとに、通常は硝酸性窒素等の濃度が100mg/ℓ以下である施設ならば図7-1、いつも濃度が100mg/ℓを超えている施設ならば図7-2の判断フロー

にしたがって、施設管理を行う。夏期は硝酸性窒素等濃度が100㎎/ℓ以下になるが、水温の下がる冬期は超過してしまうなど、季節などによって状態が変わる場合は、それぞれの状態に合うフロー図を使用する。

フロー図によって分類されている測定値を、図7-1については図7-3に、図7-2については図7-4に示す。また、図7-1の【要対処状態】の対処パターンA〜Hが想定している測定値の変化を図7-5と図7-6に示す。判断フローおよび第7章の各施設のタイプ別に記載されている対処方法を理解するための参考にしていただきたい。

図7-1のフロー図の各状態の対処方法を以下に示す。

【平常状態】

適切な水質であり、特別な対応が必要でないと考えられる状態。

基本的な施設管理に加え、週1回程度の簡易測定キットによる処理水質の確認を行う。季節の変わり目では、管理日誌の前年の施設管理状況を確認しながら、曝気量や汚泥量などを調整する。

【異常状態】

施設が異常な状態になっており、容易に改善することが困難であると考えられる状態。

施設管理会社に管理委託しているならば管理担当者、汚水浄化処理施設を設計したメーカー、地域の畜産環境アドバイザーなど、専門知識を有する人にアドバイスを受ける必要がある。アドバイスを受けるときは、異常の状況について書面や表にまとめてからアドバイスを受けると対策が立てやすく、記録が残るので今後の参考になる。

アドバイスを受ける際に判断する材料として、以下の情報があるとよい。

- 農場の飼育状況の変化
- 農場内機材（スクレーパなど）を含んだ機器の異常の有無
- 畜舎汚水の性状の変化（水量、水質）
- 一次処理の各機器の稼働状態
- 各種センサーデータの推移
- 曝気槽の水温の変化
- 活性汚泥の沈降状態（SV_{30}）
- 活性汚泥の色合い（明るい色から暗くなっているのか、その逆か）
- 曝気槽の発泡状態、臭気
- 沈殿槽のスカムの有無
- 処理水の状況（成分、透視度、色合い）

【要対処状態】

水質が悪化しており、何らかの対応が必要な状態。

異常状態が続いている間は、2〜3日おきに簡易測定キットで測定しながら対処する。対処方法は、二次処理施設のタイプによって違うため、77ページ以降にタイプ別に示すが、対処に当たっての基本的なポイントは以下のとおりである。

- 対処パターンによって「しばらく様子を見る」としてその期間が示されている時以外は、その都度、図7-1のフロー図を行い、結果にしたがって対処を行う。
- 初めて対応する施設の場合は、基本的な管理が行われているか、必須の設備に不備はないか、設備の稼働設定に問題はないかを確認する。見るべきポイントは、二次処理施設のタイプ別に、77ページ以降に記載する。
- 対処パターンA、C、E、G、Hは、【異常状態】から復旧しつつある状態であることから、既に他の専門家からのアドバイスを受けて対処している可能性がある。その場合は、同じ専門家に継続してアドバイスを受けることが基本である。もし、他の専門家から管理指導を引き継ぐ場合は、その専門家もしくは汚水浄化処理施設の管理者から、これまでどのような管理を行っていたかを、できるだけ詳細に聞くようにする。
- 77ページ以降に示す対処方法は、各施設の専門家により示されたものであり、それぞれの間の考え方が統一されているものではない。特に断っていない限り、１つのタイプの対処法を他のタイプの二次処理施設に流用してはならない。

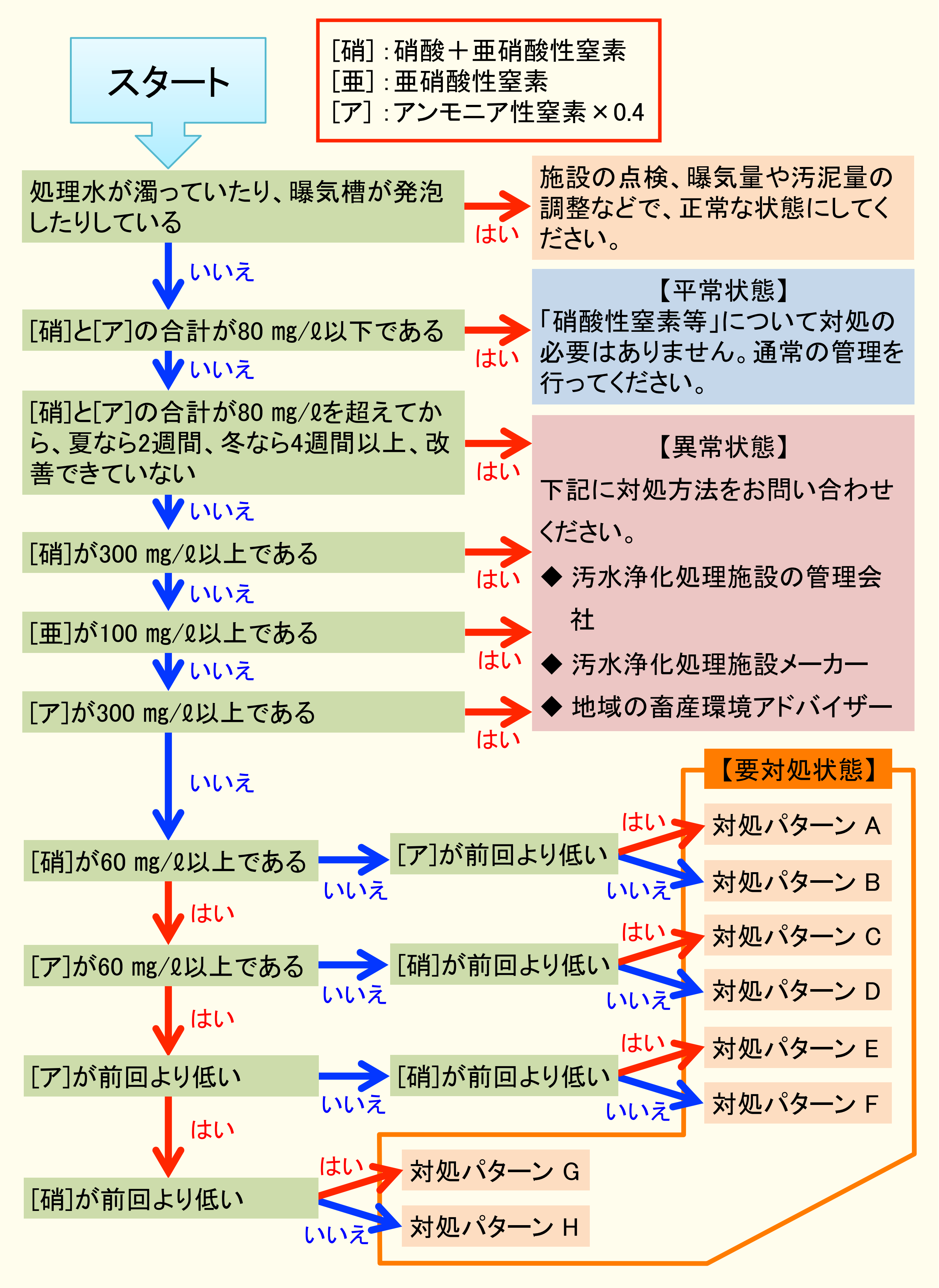


図7-1　簡易測定キットの測定結果の判断フロー

（通常は硝酸性窒素等が100mg/ℓ以下の浄化処理施設の場合）

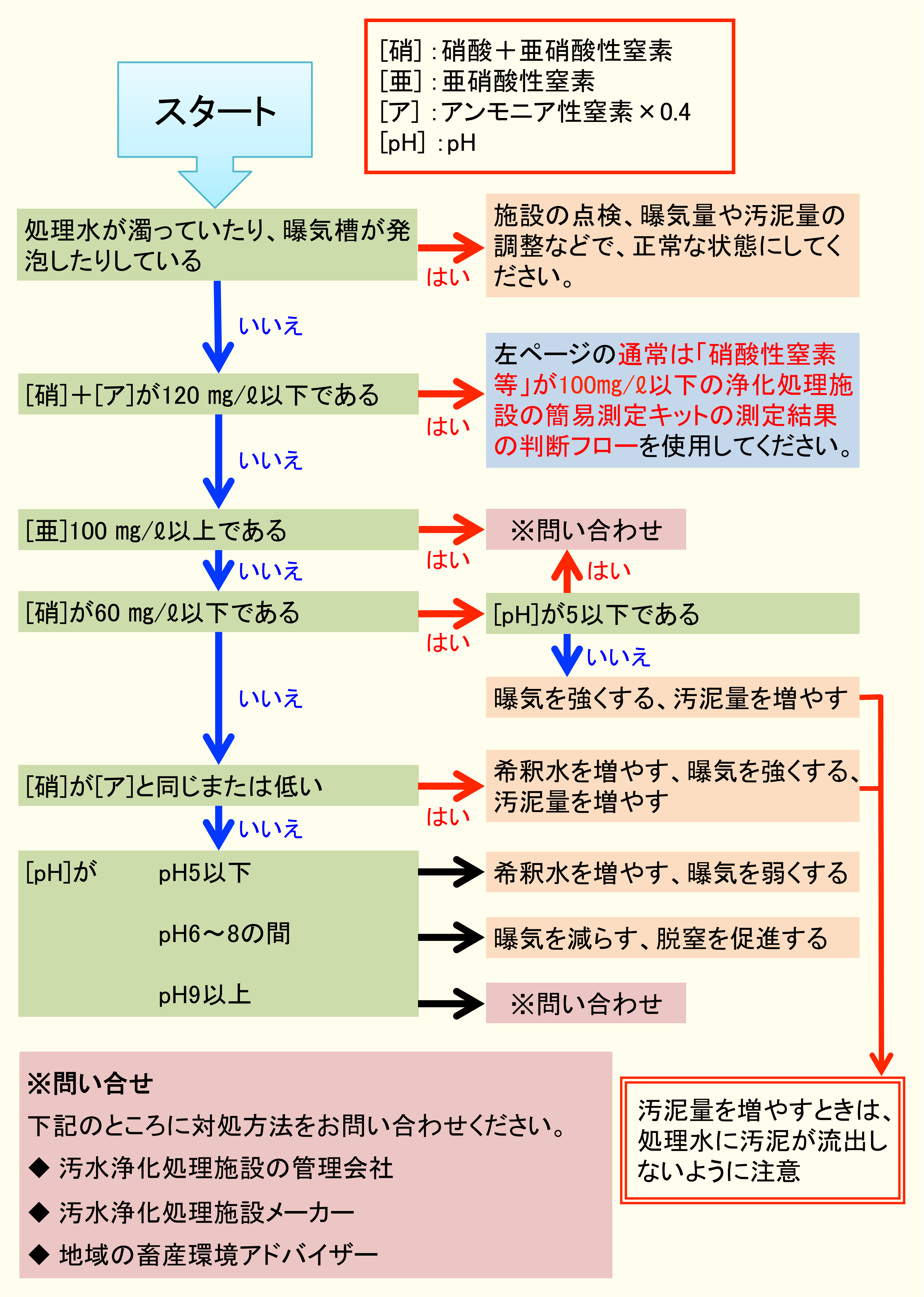


図7-2　簡易測定キットの測定結果の判断フロー
（いつも硝酸性窒素等が100㎎/ℓ以上の浄化処理施設の場合）

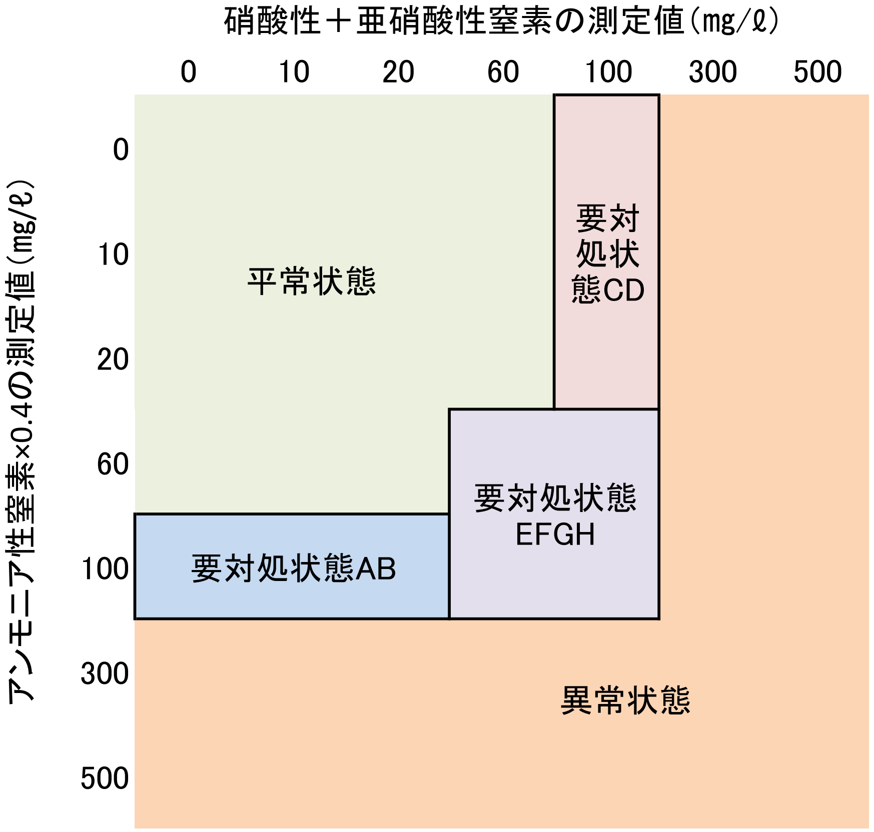


図7-3　判断フロー（図7-1）における今回の測定値の分類

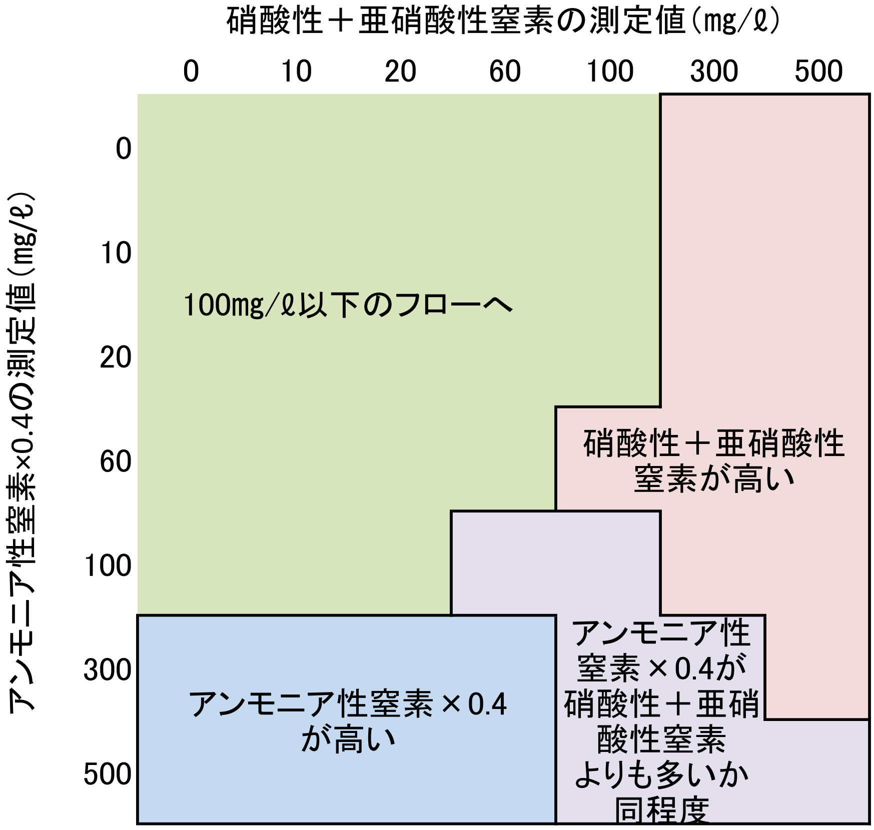
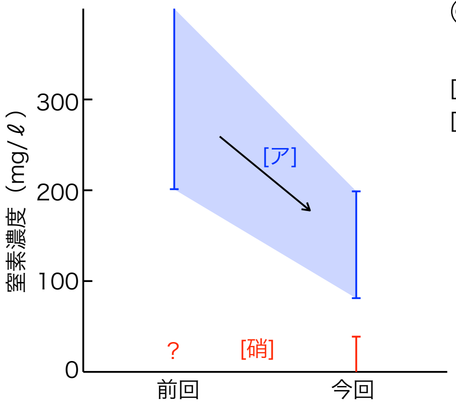


図7-4　判断フロー（図7-2）における今回の測定値の分類

◎対処パターンA

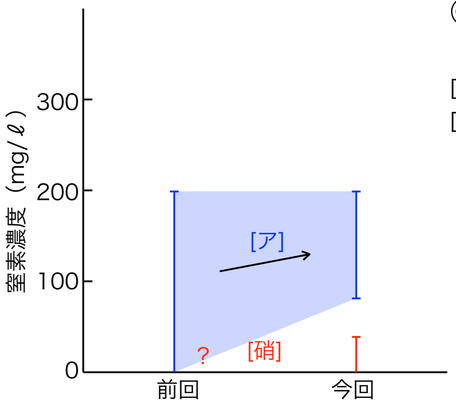
[硝]：硝酸＋亜硝酸性窒素
[ア]：アンモニア性窒素×0.4



[硝]が60mg/ℓ以上でない
[ア]が100mg/ℓで前回より低い

【前回測定値】
試験紙：[硝]？、[ア]300, 500mg/ℓ
想定値：[硝]？、[ア]200mg/ℓ以上
【今回測定値】
試験紙：[硝]0, 10, 20mg/ℓ、[ア]100mg/ℓ
想定値：[硝]0～40mg/ℓ、[ア]80～200mg/ℓ

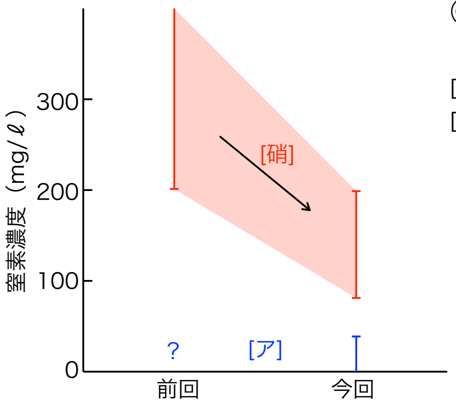
◎対処パターンB



[硝]が60mg/ℓ以上でない
[ア] が100mg/ℓで前回より低くない

【前回測定値】
試験紙：[硝]？mg/ℓ、[ア]0, 10, 20, 60,100mg/ℓ
想定値：[硝]？mg/ℓ、[ア]0～200mg/ℓ
【今回測定値】
試験紙：[硝]0, 10, 20mg/ℓ、[ア]100mg/ℓ
想定値：[硝]0～40mg/ℓ、[ア]80～200mg/ℓ

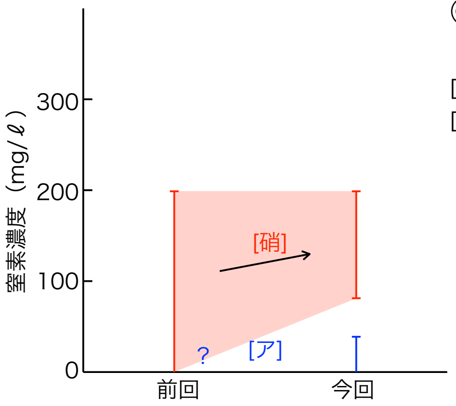
◎対処パターンC



[硝]が100mg/ℓで前回より低い
[ア]が60mg/ℓ以上でない

【前回測定値】
試験紙：[硝]300, 500mg/ℓ、[ア]？mg/ℓ
想定値：[硝]200mg/ℓ以上、[ア]？mg/ℓ
【今回測定値】
試験紙：[硝]100mg/ℓ、[ア]0, 10, 20mg/ℓ
想定値：[硝]80～200mg/ℓ、[ア]0～40mg/ℓ

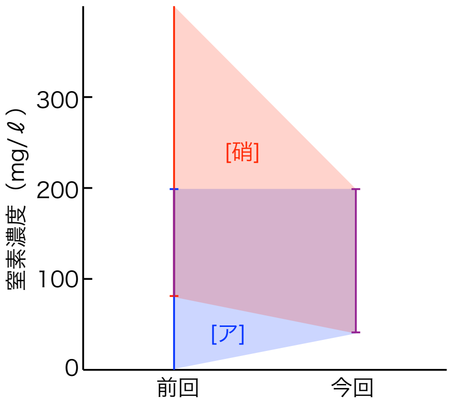
◎対処パターンD



[硝]が100mg/ℓで前回より低くない
[ア]が60mg/ℓ以上でない

【前回測定値】
試験紙：[硝]0, 10, 20, 60,100mg/ℓ、[ア]？mg/ℓ
想定値：[硝]0～200mg/ℓ、[ア]？mg/ℓ
【今回測定値】
試験紙：[硝]100mg/ℓ、[ア]0, 10, 20mg/ℓ
想定値：[硝]80～200mg/ℓ、[ア]0～40mg/ℓ

図7-5　各対処パターンが想定する無機性窒素の状態（対処パターンA～D）

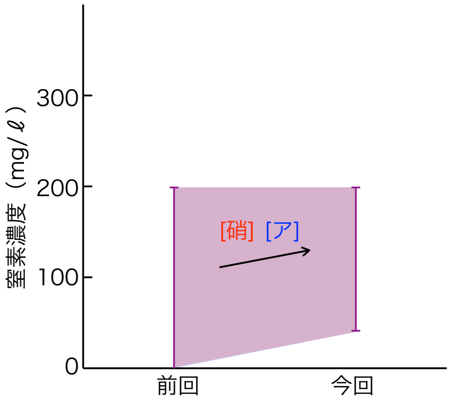


◎対処パターンE

[硝]：硝酸＋亜硝酸性窒素
[ア]：アンモニア性窒素×0.4

[硝]が60か100mg/ℓで前回より低い
[ア]が60か100mg/ℓで前回より低くない

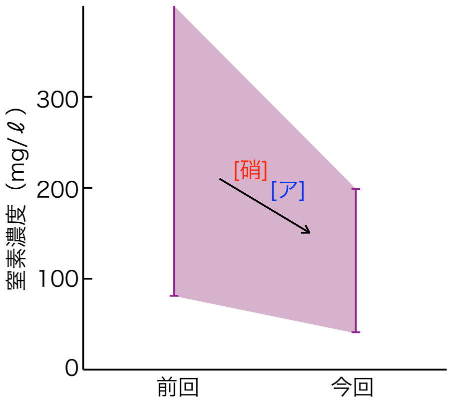
【前回測定値】
試験紙：[硝]100, 300, 500mg/ℓ、[ア]0, 10, 20, 60, 100mg/ℓ
想定値：[硝]80mg/ℓ以上、[ア]0〜200mg/ℓ
【今回測定値】
試験紙：[硝]60, 100mg/ℓ、[ア]60, 100mg/ℓ
想定値：[硝]40〜200mg/ℓ、[ア]40〜200mg/ℓ



◎対処パターンF

[硝]が60か100mg/ℓで前回より低くない
[ア]が60か100mg/ℓで前回より低くない

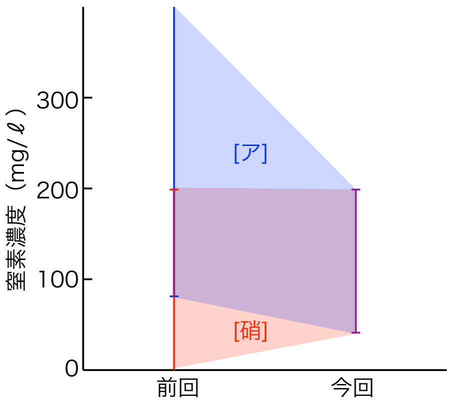
【前回測定値】
試験紙：[硝]0, 10, 20, 60, 100mg/ℓ、[ア]0, 10, 20, 60, 100mg/ℓ
想定値：[硝]0〜200mg/ℓ、[ア]0〜200mg/ℓ
【今回測定値】
試験紙：[硝]60, 100mg/ℓ、[ア]60, 100mg/ℓ
想定値：[硝]40〜200mg/ℓ、[ア]40〜200mg/ℓ



◎対処パターンG

[硝]が60か100mg/ℓで前回より低い
[ア]が60か100mg/ℓで前回より低い

【前回測定値】
試験紙：[硝]100, 300, 500mg/ℓ、[ア]100, 300, 500mg/ℓ
想定値：[硝]80mg/ℓ以上、[ア]80mg/ℓ以上
【今回測定値】
試験紙：[硝]60, 100mg/ℓ、[ア]60, 100mg/ℓ
想定値：[硝]40〜200mg/ℓ、[ア]40〜200mg/ℓ



◎対処パターンH

[硝]が60か100mg/ℓで前回より低くない
[ア]が60か100mg/ℓで前回より低い

【前回測定値】
試験紙：[硝]0, 10, 20, 60, 100mg/ℓ、[ア]100, 300, 500mg/ℓ
想定値：[硝]0〜200mg/ℓ、[ア]80mg/ℓ以上
【今回測定値】
試験紙：[硝]60, 100mg/ℓ、[ア]60, 100mg/ℓ
想定値：[硝]40〜200mg/ℓ、[ア]40〜200mg/ℓ

図7-6　各対処パターンが想定する無機性窒素の状態（対処パターンE〜H）

1．沈殿分離による連続式活性汚泥法（間欠曝気なし）

（1）ここで対象とする施設の構造

沈殿分離による連続式活性汚泥法は、一次処理水を流量調整槽に受けて計量槽や定量ポンプなどを用いて一定の流量で曝気槽に流し、曝気槽後の沈殿槽で汚泥と二次処理水を分離する構造である（図7-7）。

砂などの比重が重い粒子が二次処理施設に行かないようにするため、一次処理施設に沈砂槽などの設備が必要である。

二次処理の曝気槽への一次処理水の流入は、計量槽または定量ポンプによって、一定の流量に調整できなくてはならない。計量槽や定量ポンプの代わりにバルブで調整している施設は、バルブの目詰りで流量が変化するなど調整が難しいため、処理が不安定になりやすい。最初沈殿槽がある場合は、流量調整槽や、計量槽または定量ポンプが、最初沈殿槽の前にあることが多い。

曝気槽の容積は流入するBOD量をもとに設計されており、BOD容積負荷が0.5kg/m^3・日を超えてはならない。曝気槽は常に曝気されており、曝気量はバルブやインバータで調整する。

曝気槽後の沈殿槽は、汚泥が分離できるように適切な設計がなされている必要がある。施設によっては、越流堰の長さが不十分であったり、沈殿槽の底が平坦であったり、返送汚泥がなされていなかったりする場合があり、浄化処理に悪影響を及している ことがある。

このタイプの施設は、窒素を積極的に除去することを前提にした構造ではない。このため、窒素の除去は、曝気槽や沈殿槽での脱窒や余剰汚泥としての分離といった、BODやSSの除去に伴う副次的な効果による。曝気槽に余裕がある施設の場合は、曝気槽の前半だけ曝気を弱く、後半を強くすることで、窒素除去機能を強化できることがある。曝気を弱くする場合は、汚泥が底に堆積しないように注意する。

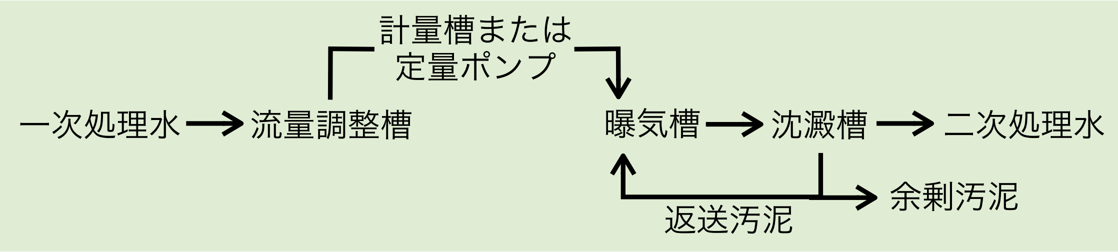


図7-7　沈殿分離による連続式活性汚泥法（間欠曝気なし）の概要

（2）日常管理の方法

日常管理として、処理水質、SV_{30}、曝気槽の様子、曝気槽後の沈殿槽の様子、各機器の稼働状況などを確認し、管理日誌に記録することが重要である。日常管理として調整する項目として、曝気槽の曝気量、汚泥量、返送汚泥量がある。

（3）【要対処状態】での対処方法

対処パターンA

アンモニア性窒素×0.4が高い異常状態から低下したが、まだ高い濃度にある。硝酸＋亜硝酸性窒素の前回の濃度は、図7-1の判断フローで確認していないが、今回の濃度が低く、アンモニア性窒素×0.4と硝酸＋亜硝酸性窒素が同時に大きく低下することは稀であることから、前回も低いものとして考える。

何らかの変化があって改善しつつある状態と考え、現状のまま、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。

対処パターン B

アンモニア性窒素×0.4が高くなった、または高い状態が継続している。硝酸＋亜硝酸性窒素の濃度は低い。

硝化が弱い状態と考える。曝気装置の不調や散気管の目詰りなどで曝気が弱くなっていないか確認する。曝気を強くする。余剰汚泥の排出量を減らして汚泥量を増やす。変更後は、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、そのまま様子を見る。

対処パターン C

硝酸＋亜硝酸性窒素が高い異常状態から低下したが、まだ高い濃度にある。アンモニア性窒素×0.4の前回の濃度は、図7-1の判断フローで確認していないが、今回の濃度が低く、硝酸＋亜硝酸性窒素とアンモニア性窒素×0.4が同時に大きく低下することは稀であることから、前回も低いものとして考える。

何らかの変化があって改善しつつある状態と考え、現状のまま、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。

対処パターン D

硝酸＋亜硝酸性窒素が高くなった、または高い状態が継続している。アンモニア性窒素×0.4の濃度は低い。

脱窒が弱い状態と考える。硝酸の蓄積によるpHの低下が微生物活性に影響している可能性もある。曝気を弱くする。余剰汚泥の排出量を減らして汚泥量を増や

す。pHが6以下になっている場合は、汚水を希釈する水量を増やす。変更後は、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、そのまま様子を見る。

対処パターン E

硝酸＋亜硝酸性窒素が高い異常状態から低下したが、まだ高い濃度にある。アンモニア性窒素×0.4の濃度も高い。

過負荷な状態にあると考える。余剰汚泥の排出量を減らして、汚泥量を増やす。2〜3日おきに簡易測定キットで測定しながら、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。簡易測定キットの結果に変化が見られた場合や、曝気槽や沈殿槽に異常が見られた場合は、様子を見る期間が経過していなくても、その対処を行う。1〜2週間が経過しても変化が見られないときは、対処パターンFを行う。

対処パターン F

硝酸＋亜硝酸性窒素が高くなった、または高い状態が継続している。アンモニア性窒素×0.4の濃度も高くなった、または高い状態が継続している。

過負荷な状態またはどこかに何らかの問題がある状態と考える。汚水の量が増えてないか、濃度が高くなっていないか、一次処理に異常がないかを確認する。曝気装置の不調や散気管の目詰りなどで曝気が弱くなっていないか確認する。余剰汚泥の排出量を減らして汚泥量を増やす。pHが6以下の場合、汚水を希釈する水量を増やす。変更後は、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、そのまま様子を見る。1〜2週間経過後、変化が見られないときは、曝気を強くしたり、汚泥量を増やしたり、希釈水を増やしたりする。変化が見られたときは図7-1の判断フローにしたがう。

対処パターン G

硝酸＋亜硝酸性窒素が高い異常状態から低下したが、まだ高い濃度にある。アンモニア性窒素×0.4も高い異常状態から低下したが、まだ高い濃度にある。

何らかの変化があって改善しつつある状態と考え、現状のまま、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。

対処パターン H

アンモニア性窒素×0.4が高い異常状態から低下したが、まだ高い濃度にある。硝酸＋亜硝酸性窒素の濃度も高い。

一時的な過負荷の状態から何らかの変化があって改善しつつある状態と考え、現状のまま、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。

2．膜分離による連続式活性汚泥法（間欠曝気なし）

（1）ここで対象とする施設の構造

膜分離による連続式活性汚泥法は、「1．沈殿分離による連続式活性汚泥法（間欠曝気なし）」の沈殿槽を膜分離槽に置き換えた構造である（図7-8）。活性汚泥と処理水の分離を重力沈殿から精密ろ過膜（MF膜）による膜分離にすることで、処理水へSSが流出しない特徴がある。

二次処理の曝気槽への一次処理水の流入が曝気槽や膜分離槽の水位により制御されるため、必ずしも計量槽または定量ポンプは必要でない。MF膜を曝気槽に設置することで、膜分離槽が曝気槽と分離していない場合もある。

曝気槽の容積は、流入するBOD量をもとに設計されている。BOD容積負荷が0.5kg/m^3・日以上でも可能とするメーカーもあるが、負荷を高く設定すると活性汚泥が不安定になりやすいことから、0.5kg/m^3・日を超えない設計が妥当だと思われる。曝気槽は常に曝気されており、曝気量はバルブやインバータで調整する。

このタイプの施設は、窒素を積極的に除去することを前提にした構造ではない。このため、窒素の除去は、曝気槽での脱窒や余剰汚泥としての分離といった、BODやSSの除去に伴う副次的な効果による。曝気槽に余裕がある施設の場合は、曝気槽の前半だけ曝気を弱く、後半を強くすることで、窒素除去機能を強化できることがある。曝気を弱くする場合は、汚泥が底に堆積しないように注意する。

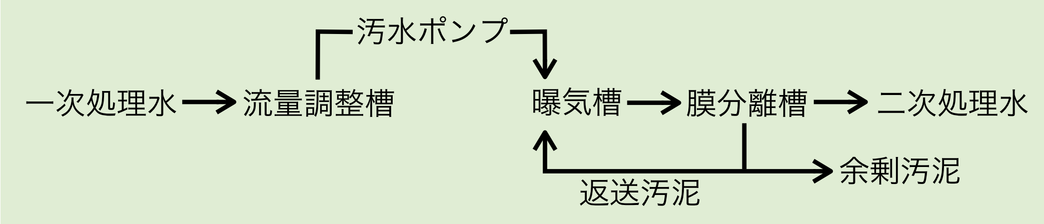


図7-8　膜分離による連続式活性汚泥法（間欠曝気なし）の概要

（2）日常管理の方法

日常管理として、処理水質、SV$_{30}$（100％の場合は処理水で2倍に希釈したり、静置時間を長くしたりして、汚泥が沈殿するように工夫する）、曝気槽の様子、MF膜の吸引圧の確認、各機器の稼働状況などを確認し、管理日誌に記録することが重要である。日常管理として調整する項目として、曝気槽の曝気量と汚泥量がある。

（3）【要対処状態】での対処方法

「1．沈殿分離による連続式活性汚泥法（間欠曝気なし）」と同様の対処法である。なお、活性汚泥と処理水の分離を膜分離で行っているため、曝気槽内の汚泥量を増やすときに処理水への汚泥の流出に注意する必要がない。ただし、極端に汚泥濃度が高いと、MF膜が目詰りしやすくなったり、汚泥の沈殿や酸素の不足で汚泥が腐敗したりする。

3. 沈殿分離による間欠曝気付き連続式活性汚泥法

(1) ここで対象とする施設の構造

沈殿分離による間欠曝気付き連続式活性汚泥法は、「1. 沈殿分離による連続式活性汚泥法（間欠曝気なし）」の曝気装置をタイマーなどの制御で間欠曝気にすることで、窒素除去機能を付加した施設である（図7-9）。曝気槽全体が間欠曝気になっている施設と、一部分のみが間欠曝気になっている施設がある。

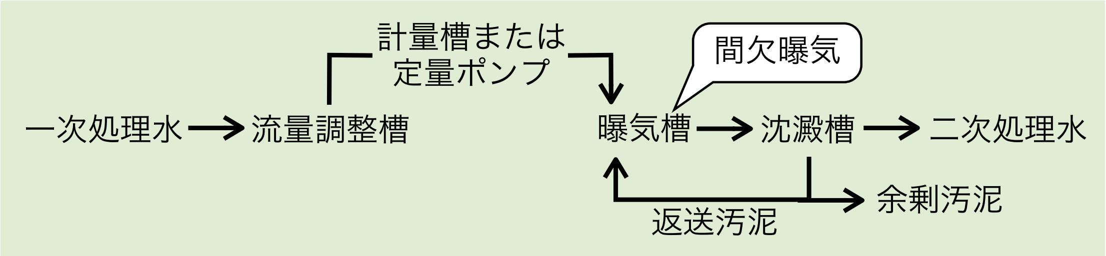


図7-9 沈殿分離による間欠曝気付き連続式活性汚泥法の概要

このタイプの施設では、正常に稼働するためには、下記の各部の性能を満たしている必要がある。

【一次処理水】

豚舎からの廃水を固液分離機などにより一次処理した汚水。原水中の飼料カス、毛、コンクリートのかけら、おがくずなどは、曝気槽に入る前に確実に取り除くべきである。流量調整槽と、計量槽や定量ポンプを設置し、曝気槽へ一定流量の汚水が入る構造が必須である。

【曝気槽】

活性汚泥法の中心部分で流入原水中のふん尿由来の汚濁成分（BOD）を十分な滞留時間での酸素供給（曝気）により浄化する。その際増殖する微生物群を活性汚泥と呼び、この制御が浄化処理の要となる。

間欠曝気の曝気槽内では、BODの酸化分解、窒素の硝化脱窒による除去が同一の槽内で進行する。間欠曝気する散気管は、目詰りがしにくいものである必要がある。曝気槽は、2槽以上に分かれており、前段と後段で曝気の程度を制御できるのが好ましい。この場合、前段の脱窒撹拌が重要なので、後段とは独立して曝気量や間欠時間を制御できる仕様とする。

曝気槽の容積は、流入するBOD量をもとに設計されている。窒素の除去を行うためには、BOD容積負荷が0.4kg/m^3・日を超えない設計が妥当である。

硝化と脱窒は、水温の影響が大きく、20℃以下になると窒素除去の性能が落ちる。寒冷地では、水温が20℃以下にならないようにコンクリート地下埋設仕様とする。保温の

ためフタを設置できる構造（スラブ構造）とし、冬季は閉めておく。温暖地では、水温が35℃以上にならないように露出構造とし、開放型とする。ただし、冬季の低水温には対応する構造とする。

曝気槽前段でのpHとORP、曝気槽出口付近でのDOとORPの測定は重要である。自動記録装置の設置が望ましい。

【曝気槽後の沈殿槽】

曝気槽から定量流入した活性汚泥を6時間程度以上の滞留時間で沈殿させ、越流堰からの上澄み液を処理水とする設備である。

沈殿汚泥は、返送汚泥として曝気槽入り口付近に定量的に移送する。曝気槽の活性汚泥濃度（MLSS）を一定に保つため、増えすぎた汚泥を引き抜く余剰汚泥排出量の調整は、活性汚泥処理の重要な管理操作である。

沈殿槽の構造は、沈殿しやすいように底盤を60度の傾斜があるハンチとし、傾斜面はできるだけ平滑な仕上げとする。より効率よく沈殿させる構造として、底盤にゴム製レーキで汚泥を掻き寄せる装置のついた沈殿槽（60ページの図6-25）もある。

【汚泥処理設備】

汚泥貯留槽の容積は、脱水機の運転方法に合わせて決定するが、一般に2日～7日分の汚泥を貯留できる程度とする。汚泥に高分子凝集剤などを添加してフロック化し、脱水機により圧搾分離する。脱水ケーキは、できるだけ低水分にすることにより、堆肥化を容易にするべきである。スクリュープレス型、多重円盤型、ろ布型など、さまざまな脱水機がある。耐腐食性に優れ、取扱いが容易で、畜産分野で実績の多い機種を選定する。

（2）日常管理の方法

日常管理として、SVや処理水質（表7-1、図7-10）、曝気槽の様子、曝気槽後の沈殿槽の様子、各機器の稼働状況などを確認し、管理日誌に記録することが重要である。日常管理として調整する項目として、曝気槽の曝気量、間欠曝気の頻度や長さ、汚泥量、返送汚泥量がある。

表7-1　SVや処理水質の観察する要点

観察対象	観察項目	観察内容
曝気槽水	SV_{30}	素早く凝集するか 汚泥量は正常か
	SV 90分間沈殿	濃縮して沈殿するか
	SV 24時間沈殿	濃度の確認50%以下か
	SVの汚泥界面	すっきりしているか
処理水	透視度	10ｃｍ以上
	pH	中性付近（6.5～7.5）

SV 90分間沈殿

SV 12時間沈殿

図7-10　正常な活性汚泥のSV測定の例
（活性汚泥の凝集性が良く、沈降性が良好で上澄み液が透明）

（3）【要対処状態】での対処方法

対処パターン A

曝気槽にアンモニア性窒素が蓄積していた状況から改善が見られている。前回に何らかの対策を講じていた場合は、対策の効果が見られたことから、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、現状を維持して様子を見る。

対処パターン B

1. アンモニア性窒素が前回よりも上昇し、亜硝酸性窒素が見られる場合

   過負荷酸欠方向に向かっている。一次処理までの処理状況に故障や稼働状況の不備がないか、一時的に尿汚水の流入が増えていないかを確認する。また、二次処理について、活性汚泥量が低下していないか、秋から冬にかけての時期ならば、曝気槽水温が低下していないか、曝気装置や散気管に異常はないかを確認する。問題点を改善した上で、曝気を強化する。変更後は、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、現状を維持して様子を見る。

2. アンモニア性窒素が前回と変わらない場合

   前回から改善が見られていない。曝気をさらに強化する。変更後は、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、現状を維持して様子を見る。

対処パターン C

1. pHが7より低い、または前回より低下している場合

　過剰曝気または脱窒の不調。曝気装置の停止時間を増やす。ORP計を持っている場合は、曝気槽の前段（汚水や返送汚泥が曝気槽に流入する付近）で、曝気停止中にORPが脱窒に必要な-150mV以下になるか確認する。

2. pHが7より高い、または前回よりも上昇している場合

　脱窒が始まっていると判断して現状の運転を継続し、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度様子を見る。ORP計を持っている場合は、曝気槽の前段（汚水や返送汚泥が曝気槽に流入する付近）で、曝気停止中にORPが-150mV程度以下になっていることで、脱窒の確認ができる。

対処パターン D

　現状のまま夏期なら1週間、冬期なら2週間程度様子を見る。pHが低下したり、曝気槽入り口のORPが上昇したり、処理水の硝酸性＋亜硝酸性窒素濃度がさらに上昇したりした場合は、曝気過剰なので曝気を弱める。変更後は、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、現状を維持しながら様子を見る。

対処パターン E

1. pHが6.5より低下している場合

　硝化が停止傾向に入っており、対応は難しい。一旦、曝気を弱くして酸欠にし、pHを上げてから再稼働する。改善が見られない時は、【異常状態】として対処する。

2. pHが高く推移している場合

　滞留時間および酸素量の不足、または活性汚泥の不足が考えられる。一次処理までの処理状況に故障や稼働状況の不備がないか、一時的に汚水の流入が増えていないかを確認する。また、二次処理について、活性汚泥量が低下していないか、秋から冬にかけての時期ならば曝気槽水温が低下していないか、曝気装置や散気管に異常がないかを確認する。問題点を改善した上で、曝気を強化する。変更後は、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、現状を維持しながら様子を見る。

対処パターン F

　pHが高く推移している場合は、滞留時間および酸素量の不足または活性汚泥の不足が考えられる。一次処理までの処理状況に故障や稼働状況の不備がないか、一時的に汚水の流入が増えていないかを確認する。また、二次処理について、活性汚泥量が低下していないか、秋から冬にかけての時期ならば、曝気槽水温が低下していないか、曝気装置や散気管に異常がないかを確認する。問題点を改善した上で、曝気を強化する。

対処パターン G

同時には低下しにくいため、汚水濃度が下がった可能性も含め、しばらく様子を見る。

対処パターン H

前回よりは改善しているものの、まだ酸素量が不足している状態。一次処理までの処理状況に故障や稼働状況の不備がないか、一時的に汚水の流入が増えていないかを確認する。また、二次処理について、活性汚泥量が低下していないか、秋から冬にかけての時期ならば曝気槽水温が低下していないか、曝気装置や散気管に異常はないかを確認する。問題点を改善した上で、現状の運転を続ける。

4. 膜分離による間欠曝気付き連続式活性汚泥法

(1) ここで対象とする施設の構造

膜分離による間欠曝気付き連続式活性汚泥法は、「3. 沈殿分離による間欠曝気付き連続式活性汚泥法（間欠曝気あり）」の沈殿槽を膜分離槽に置き換えた構造である（図7-11）。

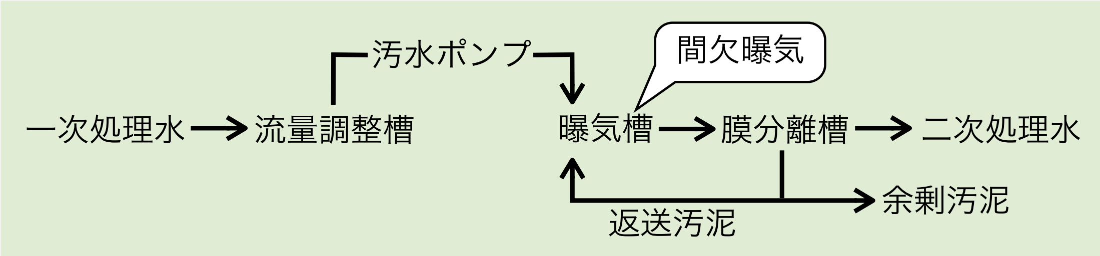


図7-11　沈殿分離による間欠曝気付き連続式活性汚泥法の概要

このタイプの施設では、正常に稼働するためには、下記の各部の性能を満たしている必要がある。

【一次処理水】

「3. 沈殿分離による間欠曝気付き連続式活性汚泥法（間欠曝気あり）」とほぼ同じであるが、二次処理の膜分離に中空糸膜を使用している場合は、膜に毛や繊維物が絡みつくため、目開き0.5mm以下の固液分離機を使用する点を追加する。

【曝気槽】

「3. 沈殿分離による間欠曝気付き連続式活性汚泥法（間欠曝気あり）」と同じである。

【膜分離槽】

「3．沈殿分離による間欠曝気付き連続式活性汚泥法（間欠曝気あり）」の 曝気槽後の沈殿槽の代わりに、膜分離槽の設備となる。

精密ろ過膜（MF膜）には、中空糸膜と平膜がある。いずれも膜を支持する架台に固定した膜モジュールまたは膜ユニットの状態で、膜分離槽に浸漬されている。膜分離槽を設けずに、曝気槽に浸漬している場合もある。

返送汚泥や余剰汚泥は、膜分離槽から取水する。返送汚泥は、曝気槽入り口付近に定量的に移送する。曝気槽の活性汚泥濃度（MLSS）を一定に保つため、増えすぎた汚泥を引き抜く余剰汚泥排出量の調整は、活性汚泥処理の重要な管理操作である。

（2）日常管理の方法

日常管理として、SVや処理水質（表7-1、図7-10）、曝気槽の様子、MF膜の吸引圧の確認、各機器の稼働状況などを確認し、管理日誌に記録することが重要である。日常管理として調整する項目として、曝気槽の曝気量、間欠曝気の頻度や長さ、汚泥量がある。

（3）【要対処状態】での対処方法

「3．沈殿分離による間欠曝気付き連続式活性汚泥法（間欠曝気あり）」と同じである。

5. 回分式活性汚泥法（間欠曝気や脱窒撹拌のないもの）

（1）ここで対象とする施設の構造

回分式活性汚泥法は、曝気槽内で汚水の投入・曝気撹拌・沈殿・処理水排出の一連の工程を決められた時間スケジュールにしたがい、順次繰り返して汚水を浄化する方法である（図7-12）。本来は、汚水中のBODとSSの除去を目的とした処理法であるが、沈殿工程の間に脱窒に適した環境になることから、ある程度の窒素除去が期待できる。

曝気槽の容積は、流入するBOD量をもとに設計されている。窒素の除去を行うためには、BOD容積負荷が0.3kg/m^3・日を超えない設計が妥当である。

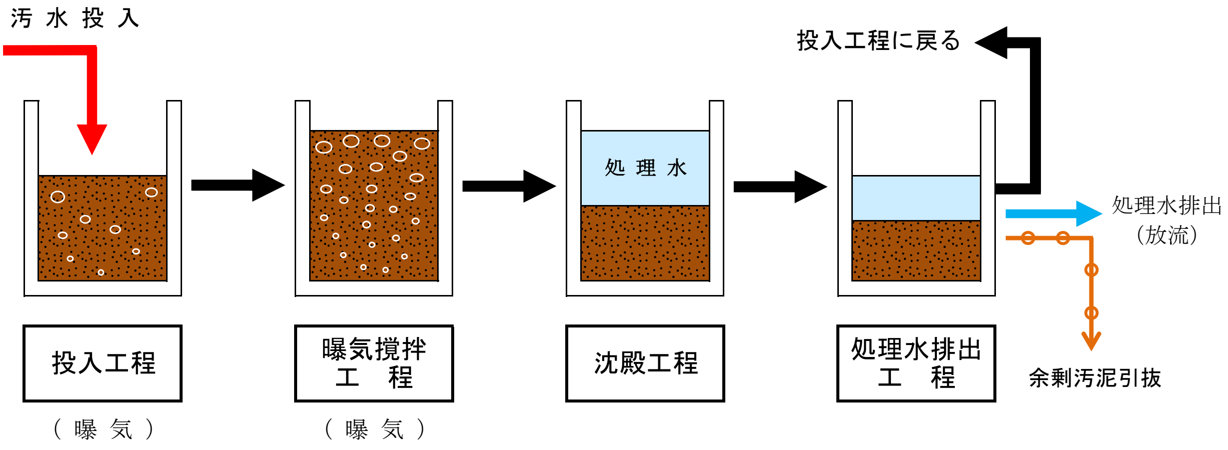


図7-12　回分式活性汚泥法の概要

（2）日常管理の方法

下記の要点を確認し、通常運転の管理を行なう。

- 曝気槽の様子やSV_{30}、処理水質、各機器の稼働状況などを、日常的に確認する。
- 日常管理として調整する項目として、曝気槽の曝気時間、汚泥量がある。
- 日常管理として図7-13に示すような管理項目の日誌を記録する。
- 安定している状態をデータ化して記録を残す。

　硝化槽のMLSS濃度、硝化槽水温、曝気槽のSV_{30}、曝気開始と完了時のpH、DO、ORPの推移など。

　曝気撹拌工程の発泡量や泡の色、沈殿工程のスカムなどの状態を写真に撮り、上記の実測値とあわせてノートに整理したり、パソコンでデータベース化したりすると、今後の管理の参考になる。

○運転条件

項目	単位	運転値	設計基準値 （メーカー作成値）
汚水量	m^3/日		
曝気槽の容積	m^3		
滞留日数	日		
ＢＯＤ/N			
ＭＬＳＳ	mg/ℓ		
ＢＯＤ容積負荷	ｋｇBOD/m^3・日		
ＢＯＤ・ＭＬＳＳ負荷	ｋｇBOD/kg・MLSS・日		
Ｔ－Ｎ容積負荷	ｋｇT-N/m^3・日		
Ｔ－Ｎ・ＭＬＳＳ負荷	ｋｇT-N/kg・MLSS・日		

○運転条件

管理項目		単位	管理値
曝気槽水	SV30	%	
	水温	℃	
曝気開始時	pH		
	DO	mg/ℓ	
	ORP	ｍV	
曝気完了時	pH		
	DO	mg/ℓ	
	ORP	ｍV	
曝気時の発泡	発泡量	水面が見えない・やや多い・少ない・無	
	泡の色	灰黒色・茶褐色・白色	
	泡のベタツキ	有・無	

○スケジュール確認表

工程の区分	時間割	備考
汚水投入工程	時間/日	
曝気撹拌工程	時間/日	
沈殿工程	時間/日	
処理水排出工程	時間/日	余剰汚泥引き抜き　　分間
全工程	24　　時間/日	

○タイムスケジュール

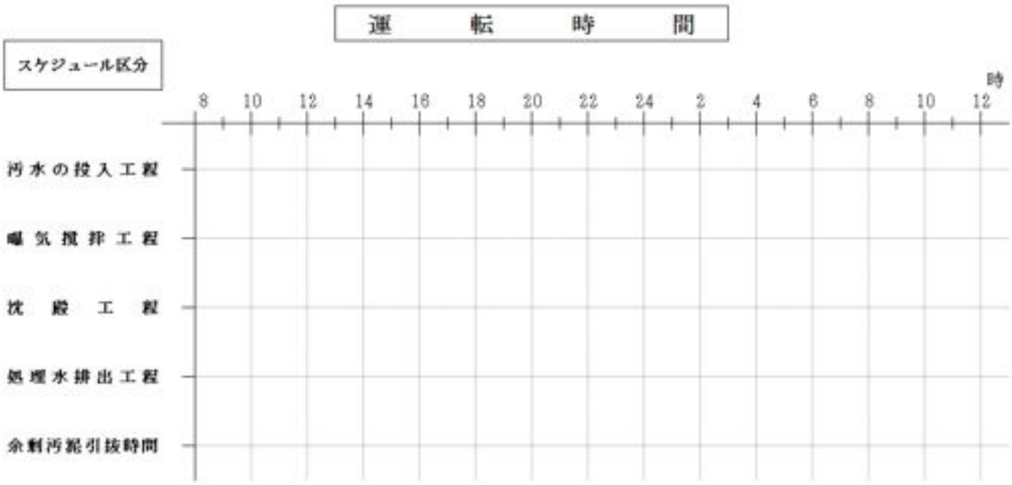


図7-13　管理日誌の記録用紙の例

(3) 【要対処状態】での対処方法

対処パターン A

アンモニア性窒素の硝化不足である。

1. 曝気槽内のpH、DO、ORPを常時モニターしている場合

曝気中のpHの低下、曝気完了時のDOとORPの上昇が見られるならば、現状を維持する。見られない場合は、曝気を強くするか曝気時間を長くする（DOやORPによる曝気時間自動制御ならば曝気停止の設定値を高くする）。この状態で、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。

2. 曝気槽内のpH、DO、ORPをモニターしていない場合

現状のまま、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。

対処パターン B

アンモニア性窒素の硝化不足である。

曝気装置の不調や散気管の目詰りなどで曝気が弱くなっていないか確認する。曝気を強くするか曝気時間を長くする。DOやORPによる曝気時間自動制御の場合は、設定を高くする。変更後は、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、そのまま様子を見る。

対処パターン C

脱窒不足が解消されつつある状態である。

1. 曝気槽内のpH、DO、ORPを常時モニターしている場合

曝気中のpHの低下、曝気完了時のDOとORPの上昇が早い時間に見られるか確認する。見られた場合は、曝気を弱くするか曝気時間を短くする（DOやORPによる曝気時間自動制御ならば曝気停止の設定値を低くする）。この状態で、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。

2. 曝気槽内のpH、DO、ORPをモニターしていない場合

現状のまま、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。

対処パターン D

脱窒不足の状態である。

曝気を弱くするか曝気時間を短くする。汚泥濃度が少ない場合は、余剰汚泥の排出量を減らす。pHが6以下の場合、汚水を希釈する水量を増やす。変更後は、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、そのまま様子を見る。

対処パターン E

汚泥濃度が低下、水温またはpHの低下による微生物活性の低下、または汚水の増加である。

曝気工程完了時のpHが6～8（正確に測定できるならば6.5～7.5）の範囲外であったり、本来の設計よりも過剰な汚水が流入している場合は、【異常状態】として対処する。

上記以外の場合は、汚泥濃度が少ない場合は、余剰汚泥の排出量を減らす。ただし、沈殿工程で上澄み液（処理水）と汚泥が分離することを確認しながら行う。変更後は、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、そのまま様子を見る。

対処パターン F

汚泥濃度が低下、水温またはpHの低下による微生物活性の低下、または汚水の増加である。

曝気工程完了時のpHが6～8（正確に測定できるならば6.5～7.5）の範囲外であったり、本来の設計よりも過剰な汚水が流入している場合は、【異常状態】として対処する。

上記以外の場合は、汚水の増加や一次処理の異常がないか確認する。曝気装置の不調や散気管の目詰りなどで曝気が弱くなっていないか確認する。汚泥濃度が少ない場合は、余剰汚泥の排出量を減らす。ただし、沈殿工程で上澄み液（処理水）と汚泥が分離することを確認しながら行う。変更後は、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、そのまま様子を見る。

対処パターン G

汚泥濃度が低下、水温またはpHの低下による微生物活性の低下、または汚水の増加である。

現状のまま、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。

対処パターン H

汚泥濃度が低下、水温またはpHの低下による微生物活性の低下、または汚水の増加である。

現状のまま、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。

6. 神奈川方式（BOD方式）活性汚泥法

（1）ここで対象とする施設の構造

図7-14に外観、図7-15にフローを示す。

豚舎でふんを分離された汚水はスクリーン、沈砂槽を経て汚水ピット槽に流入し、ポンプ圧送されて振動篩型固液分離機にかけられる（図7-16）。大型固形物を除去された汚水は、投入槽に貯留され、一日に一回、曝気槽（オキシデーション・デッチ）に投入される。汚水投入と同時に希釈水槽から汚水を希釈する水が曝気槽に投入され、投入汚水の濃度調整が行われるとともに曝気槽水位を常に一定に保つ。曝気槽では、タイマーなどの制御により1日あたり15～20時間の曝気運転が行われ、汚水中の汚濁物質が活性汚泥の微生物により分解される（図7-17）。曝気終了後1時間程度の静置を行い、活性汚泥を沈殿させ、上澄み液を放流ポンプにより消毒槽に移送し、塩素殺菌後放流する。活性汚泥が増加した分を余剰汚泥として砂ろ床に排出し、重力脱水により濃縮して天日で自然乾燥する（図7-18）。本汚水浄化処理施設の一連の工程は、コントロールボックスにより全て自動的に運転される（図7-19）。

基本的に、本法による窒素の除去は、曝気槽の曝気量の調節もしくは間欠時間の設定により最適化する。

図7-14　神奈川方式外観

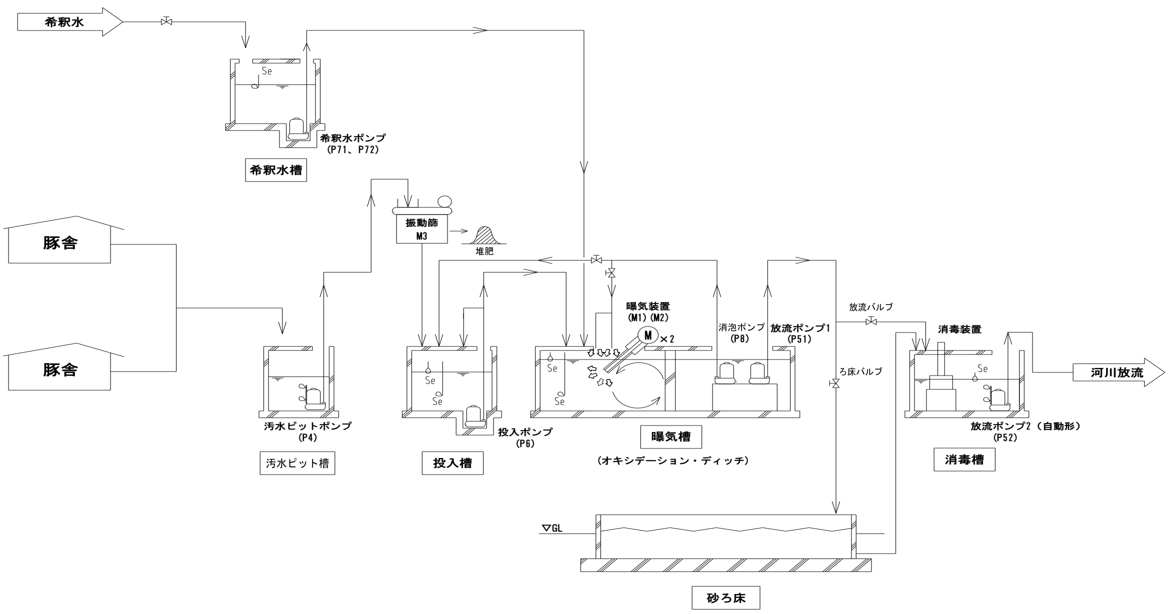


図7-15　神奈川方式フロー図

振動篩型固液分離機にて固形物を分離する

図7-16　振動篩型固液分離機

スクリュー型曝気装置で酸素を送る

図7-17　スクリュー型曝気装置

砂ろ床で余剰汚泥を濃縮し、乾燥する

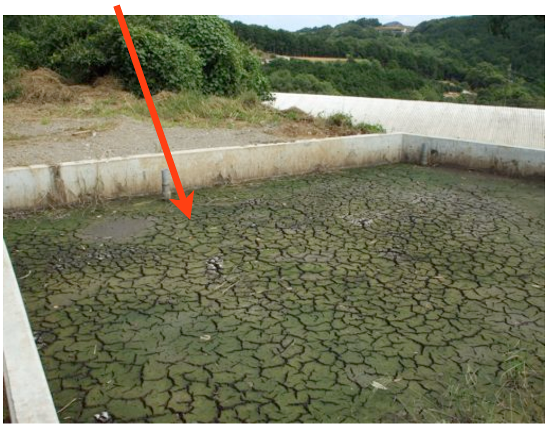


図7-18　砂ろ床

コントロールボックスで運転条件を設定する

図7-19　コントロールボックス

神奈川方式活性汚泥法は、回分式活性汚泥法を改良した方法であり、毎日1回の汚水投入工程がある（図7-20）。毎日、投入汚水のBODが1,500mg/ℓ以下になるように、曝気槽内に設けられた水位センサー（上限センサー）まで、汚水と希釈のための水を投入する工夫がされている。すなわち、豚舎の水洗いが少なくて汚水の濃度が高い日は汚水を希釈する水が多く投入され、逆に水洗いが多くて汚水の濃度が低い日は汚水を希釈する水が少なく投入される。このように、洗浄作業の程度によって大きく日間変動しやすい豚舎汚水のBOD濃度を、毎日一定の水量まで希釈することにより、一定のBOD濃度に調整して投入するため、活性汚泥が安定した効果を発揮しやすい。

神奈川方式は、沈殿工程をもつことから脱窒効果がある。制御盤にて曝気の間欠運転をできるものは、さらに効果を増すことが可能である（図7-21）。

一連の工程は、間欠曝気をしない場合は「5. 回分式活性汚泥法（間欠曝気や脱窒撹拌のないもの）」、間欠曝気をする場合は「7. 間欠曝気付き回分式活性汚泥法（汚水分割投入なし）」と同じであるが、希釈水の投入方法、曝気槽の形状、スクリュー型曝気装置の使用などが大きな特徴となっている。

曝気槽の容積は、流入するBOD量をもとに設計されている。窒素の除去を行うためには、BOD容積負荷が0.3kg/m^3・日を超えない設計が妥当である。

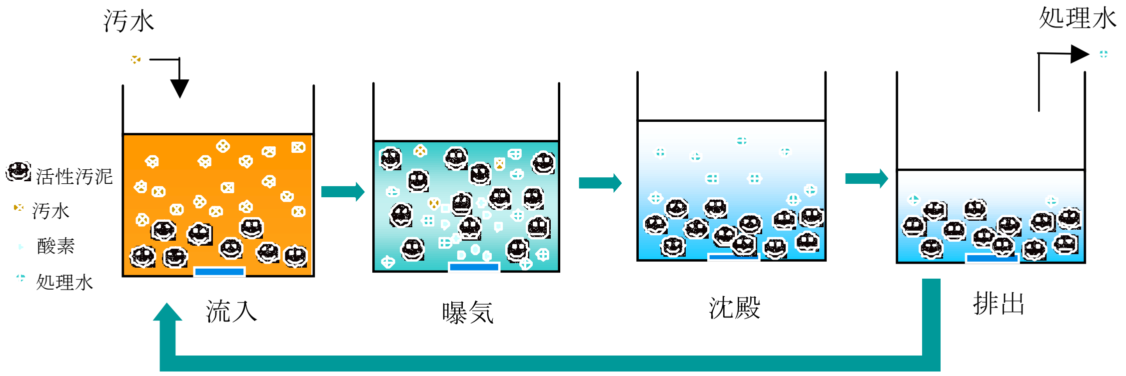


図7-20　神奈川方式概念図

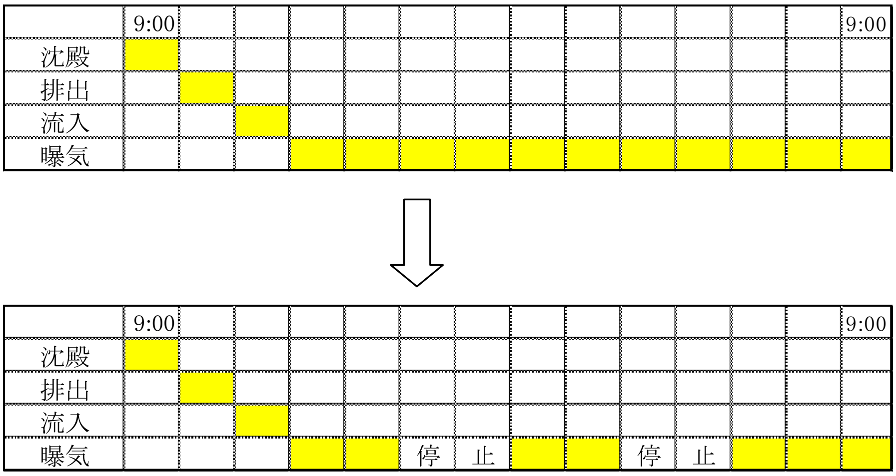


図7-21　窒素除去効果を高めるための運転チャートの変更例

（2）日常管理の方法

日常管理として、処理水質、SV_{30}、曝気槽の様子、各機器の稼働状況などを確認し、管理日誌に記録することが重要である。日常管理として調整する項目として、曝気槽の曝気時間、間欠曝気の頻度や長さ、汚泥量がある。

回分処理であるため、汚水が投入された直後は、DOが下がり、ｐＨが上がる傾向がある。したがって、日常点検は、毎日同じ時間に行うことが必要である。できれば曝気時間終了の数時間前（沈殿工程開始前）が理想である。

通常、曝気時間は、15～20時間程度である。DOを1mg/ℓ以上に保ち、3mg/ℓ以上に高くなるようであれば、曝気装置を間欠運転にするなどの設定変更をする（図7-22）。pHを6.5～7.5に保ち、それ以下になると曝気装置を間欠運転に、それ以上になると、連続運転にする。

図7-22　DO、pHメーターによる日常管理

SV_{30}は、50％前後に保つ必要がある（MLSS：5,000mg/ℓ前後）。活性汚泥が増えた場合は、砂ろ床へ送り、濃度を調整する（図7-23）。

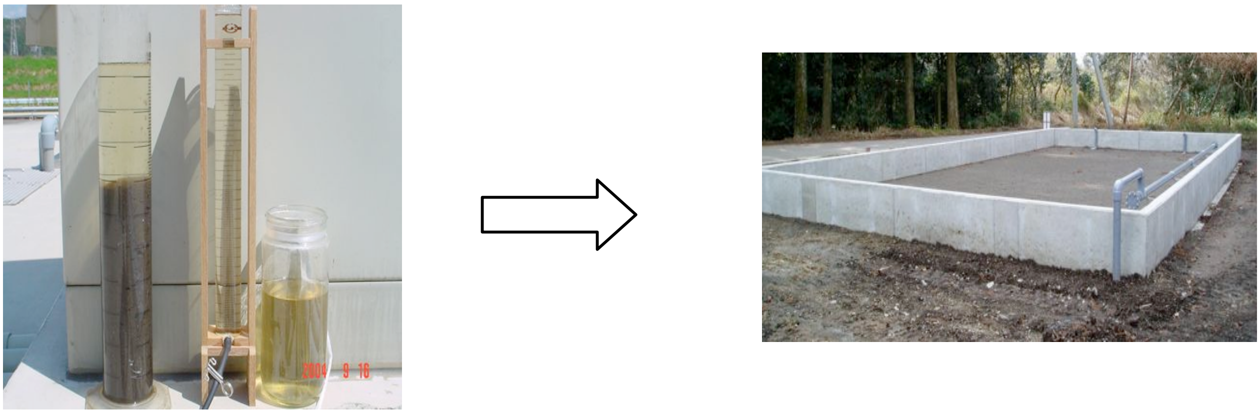


図7-23　SV_{30}が高いときは余剰汚泥を砂ろ床に送る

（3）【要対処状態】での対処方法

下記の対処パターンは、あくまで汚水の汚濁成分量が、設計値以内で、これまでは処理水の硝酸性窒素等が100mg/ℓ以下を達成していたのに、異常があってこの数値がオーバーしたときの対処方法である。

毎日窒素を測定し、その変動に応じて設定を変更する必要はない。設定を変更した場合、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度は、同じ設定にて稼動させて様子を見る必要がある。

対処パターン A

【曝気槽は改善途上の状態】

アンモニア性窒素×0.4の低下が認められ、硝酸＋亜硝酸性窒素は低濃度であるため、状態は回復傾向にある。このままの設定で運転を続ける。

硝酸＋亜硝酸性窒素が低濃度であるため、ここで曝気停止時間を延長すると、アンモニアを酸化する酸素量が不足し、アンモニア性窒素×0.4の上昇を引き起こす可能性がある。したがって、アンモニア性窒素×0.4が60mg/ℓ程度に低下するまではこのままの状態で運転することが望ましい。ただし、アンモニア性窒素×0.4が60mg/ℓ未満になった場合、過曝気とならないように、曝気量や曝気時間を見直す必要がある。また、汚泥の濃度管理も必要で、ほぼ一定に保つ必要がある。

曝気時間終了時の各計測器の測定値が当てはまるか確認する（表7-2）。

表7-2　対処パターンAの状態

	前回測定との比較	理由
pH	低下～上昇傾向	アンモニアが硝化するため低下する場合もあれば、硝酸が脱窒することによるpH上昇も考えられる。
DO	ほぼ一定～上昇傾向	アンモニアを硝化するための消費酸素量が減少。
SV30	ほぼ一定	活性汚泥の状態が良好となり沈降性が良くなる。
ORP	上昇傾向	酸化状態となるため上昇（ただしpHの影響を受ける）。
処理水の透視度	ほぼ一定	アンモニアがまだ高いため、処理水質の急激な改善は期待できない。

対処パターン B

【曝気槽は悪化（還元し過ぎ）の状態】

アンモニア性窒素×0.4の増加が認められる。硝酸＋亜硝酸性窒素は低いが、曝気槽の状態は悪くなる傾向にある。原水の負荷の増加や前処理の不具合、曝気不足が要因と推察される。このため、アンモニアを硝化するための酸素が不足し、アンモニアの蓄積が進んでいる。下記事項を確認する必要がある。

- 原水の確認（濃度が高くないか、量が多くないか）。
- 前処理状態の確認（正常に稼動しているか）。
- 曝気装置の確認（正常に稼動しているか）。
- 汚泥濃度の確認（汚泥が高濃度になっていないか、汚泥を引き抜き過ぎてないか）。
- 水温低下。

上記事項を確認後、汚水の受入れ制限や、曝気量の増加または、曝気時間の増加を検討する必要がある。

曝気時間終了時の各計測器の測定値が当てはまるか確認する（表7-3）。

表7-3　対処パターンBの状態

	前回測定との比較	理由
pH	上昇傾向	アンモニアが蓄積し、硝酸が減少するため上昇。
DO	低下傾向	アンモニアを硝化するための消費酸素量が増加。 （水温低下の場合上昇する場合もある。）
SV30	低下～上昇傾向	曝気槽の状態が悪化して活性汚泥が状態を崩している場合は上昇傾向にあるが、処理悪化に伴い水中の浮遊物が多くなる場合（上澄み液が濁る）は低下する。
ORP	低下傾向	還元状態となるため低下。
処理水の透視度	低下傾向	DO低下に伴い悪化。

対処パターン C

【曝気槽は脱窒中の状態】

硝酸＋亜硝酸性窒素の低下が認められ、アンモニア性窒素×0.4が低濃度であるため、状態は回復傾向にある。このままの設定で運転を続けるが、下記の事項に注意する。

- 汚泥排出操作に異常がないか。
- 汚泥量が増加していないか。

これまで以上の曝気停止を行うと、アンモニア性窒素×0.4が上昇してくることが考えられる。硝酸＋亜硝酸性窒素が60mg/ℓ未満となった際に、曝気時間を見直す必要がある。

曝気時間終了時の各計測器の測定値が当てはまるか確認する（表7-4）。

表7-4　対処パターンCの状態

	前回測定との比較	理由
pH	上昇傾向	硝酸の低下による上昇
DO	低下傾向	脱窒が進行しやすくなるように曝気量を設定しているため。
SV30	ほぼ一定～上昇傾向	活性汚泥の状態が良好となり、沈降性が良くなる。 汚泥引抜きに不具合がある場合は上昇する。
ORP	低下傾向	脱窒による還元状態となるため。
処理水の透視度	ほぼ一定～上昇傾向	活性汚泥の状態が良好となり沈降性が良くなる。

対処パターン D

【曝気槽は硝化中の状態】

アンモニア性窒素×0.4が低濃度、かつ、硝酸＋亜硝酸性窒素の増加が認められることから、硝化が進行し、硝酸＋亜硝酸性窒素の蓄積が進んでいる。

間欠曝気を行ない、窒素除去を行う。この際、曝気不足によるBODの処理能力の低下に注意する。曝気中に、適切なDOを示しているか確認する。また、間欠停止中は、曝気停止後にDOが0付近の値になるか、ORPが-150mV以下の還元状態になるか十分に確認する必要がある。

曝気時間終了時の各計測器の測定値が当てはまるか確認する（表7-5）。

表7-5　対処パターンDの状態

	前回測定との比較	理由
pH	低下傾向	硝酸の上昇による低下。
DO	上昇傾向	余剰酸素により上昇。
SV30	ほぼ一定～上昇傾向	過曝気により汚泥が解体する場合に上昇。
ORP	上昇傾向	酸化状態となるため上昇。
処理水の透視度	ほぼ一定～低下傾向	過曝気により汚泥が浮遊する場合に上昇。

対処パターン E

【曝気槽が急速に還元状態へ進行中】

アンモニア性窒素×0.4の増加が認められる。硝酸＋亜硝酸性窒素の低下も認められ、曝気槽の状態が悪くなる傾向にある。汚水の増加、曝気不足、または汚泥濃度の変化が要因と推察される。この後にアンモニア性窒素×0.4が著しく増加した場合は、前処理や汚水を希釈する水量に異常がないことを確認し、必要に応じて曝気量の増加、曝気時間の増加、または汚水の受入れ制限が必要である。

曝気時間終了時の各計測器の測定値が当てはまるか確認する（表7-6）。

表7-6　対処パターンEの状態

	前回測定との比較	理由
pH	上昇傾向	アンモニアが蓄積するため上昇。
DO	低下傾向	アンモニアを硝化させるための酸素不足。
SV30	低下～上昇傾向	活性汚泥の状態悪化のために沈降性が悪化している場合は上昇傾向になるが、処理悪化に伴い、上澄み液中の浮遊物が多くなる場合は低下する。
ORP	低下傾向	還元状態となるため低下。
処理水の透視度	低下傾向	BODの除去も悪くなり、悪化。

対処パターン F

【負荷の増加】

アンモニア性窒素×0.4、硝酸＋亜硝酸性窒素両方の増加が認められる。曝気槽の状態が悪くなる傾向にある。汚水の増加、汚水を希釈する水量の低下または活性汚泥量（MLSS）の低下が推測される。各種点検が必要である。なお、前日と当日の処理水量に大きな差がある場合も、この様な状態になる場合がある。この場合は、設定を変更せず、数日後、再度水質を確認する。

曝気時間終了時の各計測器の測定値が当てはまるか確認する（表7-7）。

表7-7　対処パターンFの状態

	前回測定との比較	理由
pH	上昇傾向	アンモニアが硝化するため低下する場合もあれば、硝酸が脱窒することによるpH上昇も考えられる。
DO	低下傾向	アンモニアを硝化させるための酸素不足。
SV30	低下〜上昇傾向	活性汚泥の状態が悪化して沈降を阻害している場合は上昇傾向になるが、処理悪化に伴い、上澄み液中の浮遊物が多くなる場合は低下する。
ORP	低下傾向	還元状態となるため低下。
処理水の透視度	一定〜低下傾向	BODの除去に影響がでるほど、アンモニア、亜硝酸が高くなったため。

対処パターン G

【曝気槽は改善途上の状態】

各窒素の値はまだ高いものの、アンモニア性窒素×0.4と硝酸＋亜硝酸性窒素の低下が認められるため、状態は回復傾向にある。下記事項に変化がなければこのままの設定で運転を続ける。

- 汚水の量や濃度は低下していないか→設備に異常がないか確認。
- 汚水を希釈する水量が増加していないか→適切に調節する。
- 活性汚泥量（MLSS）が上昇していないか→正常な濃度よりも高い場合、汚泥引抜量を増やす。

（水温が上昇している場合も硝化脱窒が促進するため、記録しておくと管理の参考になる。）

アンモニア性窒素×0.4、硝酸＋亜硝酸性窒素と共に低下傾向にあるが、ここで曝気時間の短縮を行うと、アンモニアを酸化するための酸素が不足し、アンモニア性窒素×0.4の上昇を引き起こす可能性がある。したがって、アンモニア性窒素×0.4が60mg/ℓ程度になるまでは、このままの状態で運転することが望ましい。

曝気時間終了時の各計測器の測定値が当てはまるか確認する（表7-8）。

表7-8　対処パターンGの状態

	前回測定との比較	理由
pH	ほぼ一定	アンモニア、硝酸ともに低下するため。
DO	ほぼ一定	アンモニア、硝酸ともに低下するため。
SV30	ほぼ一定	アンモニア、硝酸ともに低下するため。
ORP	ほぼ一定	アンモニア、硝酸ともに低下するため。
処理水の透視度	ほぼ一定	アンモニア、硝酸ともに低下するため。

対処パターン H

【酸化状態へ急速に進行中】

アンモニア性窒素×0.4の低下が認められるため、状態は回復傾向にある。下記事項に変化がなければ、このままの設定で運転を続ける。

- 汚水の量や濃度が低下していないか。
- 汚水を希釈する水量が増加していないか。
- 活性汚泥量（MLSS）が上昇していないか。
- 水温が上昇していないか。

アンモニア性窒素×0.4が60㎎/ℓに低下するまではこのままの状態で運転することが望ましい。ただし、過曝気にならないように、アンモニア性窒素×0.4が60㎎/ℓ未満になった時点で、曝気量や曝気時間を見直す必要がある。

曝気時間終了時の各計測器の測定値が当てはまるか確認する（表7-9）。

表7-9　対処パターンGの状態

	前回測定との比較	理由
pH	低下傾向	アンモニアから硝酸になるため低下する。
DO	ほぼ一定～上昇傾向	アンモニアを硝化するための酸素消費量が減少。
SV30	ほぼ一定	活性汚泥の状態が良好となり沈降性が良くなる。
ORP	上昇傾向	酸化状態となるため上昇。
処理水の透視度	ほぼ一定	アンモニアがまだ高いため、処理水質の急激な改善は期待できない。

7. 間欠曝気付き回分式活性汚泥法（汚水分割投入なし）

（1）ここで対象とする施設の構造

「5. 回分式活性汚泥法（間欠曝気や脱窒撹拌のないもの）」の曝気撹拌工程中に間欠曝気を行うことで、窒素除去能力を高めた方式である（図7-24）。間欠曝気には様々な考え方があり、多くのパターンが考えられる。一般的な例としては、汚水投入中に曝気撹拌し、投入終了後に曝気停止して脱窒を行い、この後に15分間程度の曝気停止を組み入れた曝気撹拌工程を行うといったようなパターンがある。

曝気槽の容積は、流入するBOD量をもとに設計されている。窒素の除去を行うためには、BOD容積負荷が0.3kg/m^3・日を超えない設計が妥当である。

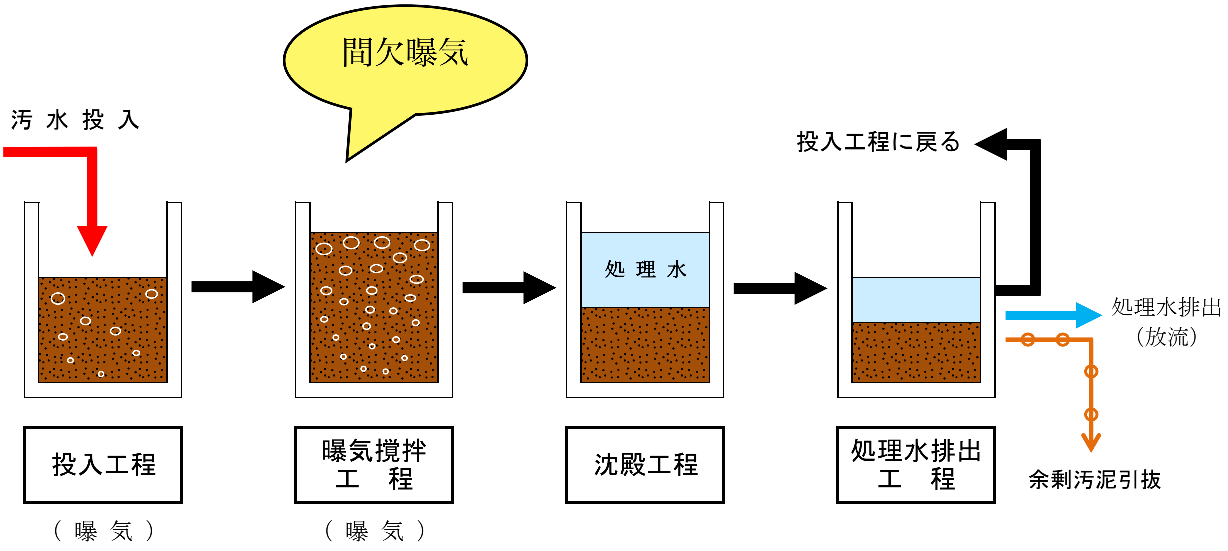


図7-24　間欠曝気付き回分式活性汚泥法（汚水分割投入なし）の概要

（2）日常管理の方法

「5. 回分式活性汚泥法（間欠曝気や脱窒撹拌のないもの）」の日常管理として調整する項目に「間欠曝気の頻度や長さ」を加える。管理日誌は図7-13と同じで良いが、スケジュール確認表の曝気撹拌工程の備考欄を広くとり、間欠曝気のパターンを記入できるようにする。

間欠曝気の曝気停止時間は、短すぎると脱窒するほどの還元的環境に達しないし、汚泥が底に沈澱してしまうほど長くしても脱窒効率が低下する。

（3）【要対処状態】での対処方法

基本的には「5. 回分式活性汚泥法（間欠曝気や脱窒撹拌のないもの）」と同じである。間欠曝気に関連して下記の２点を追加する。

対処パターン B

曝気時間を長くする場合、間欠曝気の回数を減らしたり、曝気停止時間を短くしたりすることも検討する。

対処パターン D

曝気時間を短くする場合、汚水投入の曝気撹拌後の曝気停止の時間を長くしたり、その後の間欠曝気の曝気停止時間を長くしたり、間欠曝気の回数を増やしたりすることで脱窒を促進する。

8. 間欠曝気付き回分式活性汚泥法（汚水分割投入あり）

（1）ここで対象とする施設の構造

「7. 間欠曝気付き回分式活性汚泥法（汚水分割投入なし）」に汚水の分割投入を組み入れた方式である。曝気稼働を硝化工程、曝気停止を脱窒工程として位置付け、窒素除去を目的とした処理である（図7-25）。まず、1日分の半分程度の汚水を投入し、短時間の曝気で撹拌した後に停止して脱窒工程に入る。一定の時間後に曝気を開始して硝化工程に入る。硝化が進んだところで、残りの汚水を投入し、撹拌された後に曝気を停止して再び脱窒工程に入る。一定の時間をおいて再び硝化工程に入り、BODの除去とアンモニア性窒素の硝化を行った後、沈殿行程に入って処理水を排出する。各硝化工程に間欠曝気を組み入れて、脱窒を促進させる。

曝気槽の容積は、流入するBOD量をもとに設計されている。窒素の除去を行うためには、BOD容積負荷が0.3kg/m^3・日を超えない設計が妥当である。

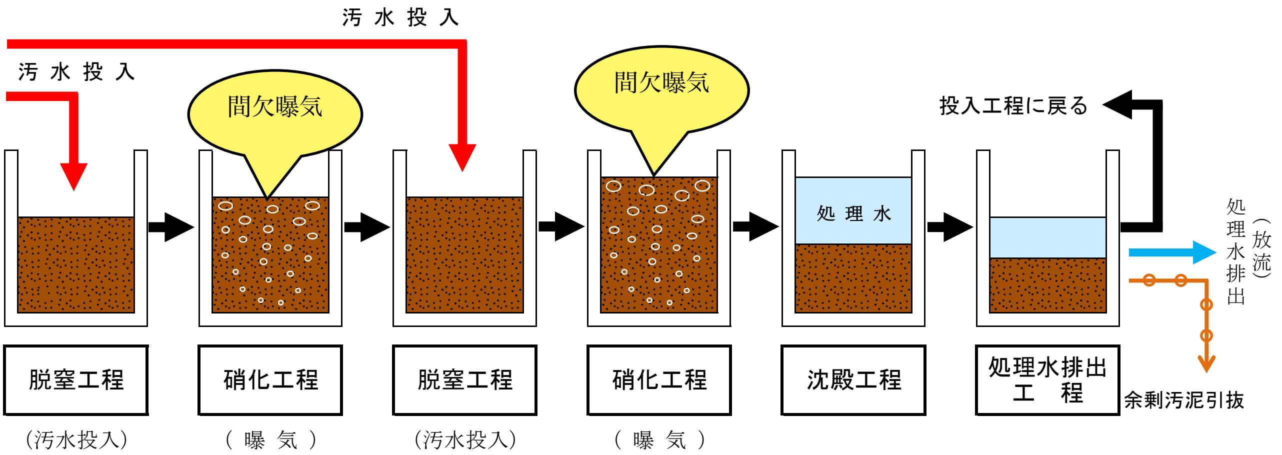


図7-25　間欠曝気付き回分式活性汚泥法（汚水分割投入あり）の概要

（2）日常管理の方法

「7. 間欠曝気付き回分式活性汚泥法（汚水分割投入なし）」と同じであるが、管理日誌については、スケジュール確認表とタイムスケジュールを図7-25に示す運転サイクルに合わせる（図7-26）。

（3）【要対処状態】での対処方法

「7. 間欠曝気付き回分式活性汚泥法（汚水分割投入なし）」と同じである。

○運転条件

項目	単位	運転値	設計基準値（メーカー作成値）
汚水量	m^3/日		
曝気槽の容積	m^3		
滞留日数	日		
ＢＯＤ/Ｎ			
ＭＬＳＳ	㎎/ℓ		
ＢＯＤ容積負荷	ｋｇBOD/m^3・日		
ＢＯＤ・ＭＬＳＳ負荷	ｋｇBOD/kg・MLSS・日		
Ｔ－Ｎ容積負荷	ｋｇT-N/m^3・日		
Ｔ－Ｎ・ＭＬＳＳ負荷	ｋｇT-N/kg・MLSS・日		

○運転条件

管理項目		単位	管理値
曝気槽水	SV30	%	
	水温	℃	
曝気開始時	pH		
	DO	㎎/ℓ	
	ORP	ｍV	
曝気完了時	pH		
	DO	㎎/ℓ	
	ORP	ｍV	
曝気時の発泡	発泡量	水面が見えない・やや多い・少ない・無	
	泡の色	灰黒色・茶褐色・白色	
	泡のベタツキ	有・無	

○スケジュール確認表

工程の区分	時間割	備考
脱窒工程（汚水投入）	時間/日	
硝化工程（曝気）	時間/日	（間欠曝気パターンを記入）
脱窒工程（汚水投入）	時間/日	
硝化工程（曝気）	時間/日	（間欠曝気パターンを記入）
沈 殿 工 程	時間/日	
処理水排出工程	時間/日	余剰汚泥引き抜き　　分間
全工程	24　　時間/日	

○タイムスケジュール

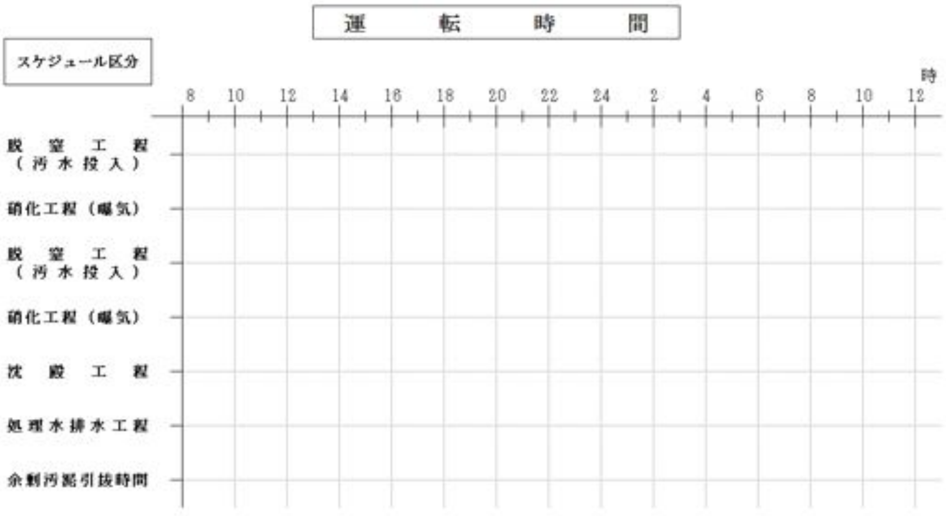


図7-26　管理日誌の記録用紙の例

9. 脱窒撹拌付き回分式活性汚泥法

（1）ここで対象とする施設の構造

「5. 回分式活性汚泥法（間欠曝気や脱窒撹拌のないもの）」に撹拌機による脱窒工程を組み入れることにより、脱窒能力を高めた方式である（図7-27）。前ページまでに記載した7と8の方式は、脱窒時の活性汚泥の浮遊状態を曝気による撹拌に依存していたために、脱窒時間を長く取ることができなかった。この方式では、撹拌機を用いることにより、無酸素状態のまま活性汚泥の浮遊状態を維持できるため、長時間の脱窒が可能である。汚水投入後に無酸素のまま脱窒工程に入ることから、汚水に含まれるBODを有効に脱窒反応に利用することができる。

図7-27は、水中エアレーター（バッキレーター）で曝気時の散気と撹拌および脱窒工程の撹拌を行っている例である。曝気撹拌は曝気装置で行い、脱窒撹拌は水中ミキサーで行う施設もある。水中エアレーターや水中ミキサーは、水中に設置されていることから、モーターの発熱による水温上昇の効果もある。

曝気槽の容積は、流入するBOD量をもとに設計されている。窒素の除去を行うためには、BOD容積負荷が0.3kg/m^3・日を超えない設計が妥当である。

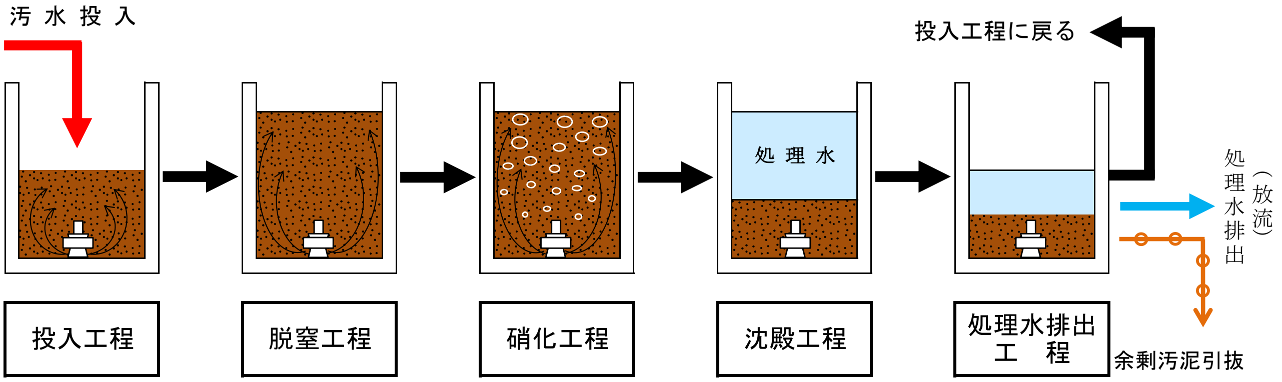


図7-27　脱窒撹拌付き回分式活性汚泥法の概要

（2）日常管理の方法

「5. 回分式活性汚泥法（間欠曝気や脱窒撹拌のないもの）」と同じであるが、管理日誌については、スケジュール確認表とタイムスケジュールを図7-27に示す運転サイクルに合わせる（図7-28）。

（3）【要対処状態】での対処方法

基本的には「5. 回分式活性汚泥法（間欠曝気や脱窒撹拌のないもの）」と同じである。脱窒撹拌に関連して下記の２点を追加する。

対処パターン D

脱窒撹拌時間を長くする。

対処パターン F

曝気を強くできるときは強くする。脱窒撹拌時間を長くする。

○運転条件

項目	単位	運転値	設計基準値 （メーカー作成値）
汚水量	m^3/日		
活性汚泥槽の容積	m^3		
滞留日数	日		
ＢＯＤ/Ｎ			
ＭＬＳＳ	mg/ℓ		
ＢＯＤ容積負荷	ｋｇBOD/m^3・日		
ＢＯＤ・ＭＬＳＳ負荷	ｋｇBOD/kg・MLSS・日		
Ｔ－Ｎ容積負荷	ｋｇT-N/m^3・日		
Ｔ－Ｎ・ＭＬＳＳ負荷	ｋｇT-N/kg・MLSS・日		

○運転条件

管理項目		単位	管理値
曝気槽水	SV30	%	
	水温	℃	
曝気開始時	pH		
	DO	mg/ℓ	
	ORP	ｍV	
曝気完了時	pH		
	DO	mg/ℓ	
	ORP	ｍV	
曝気時の発泡	発泡量	水面が見えない・やや多い・少ない・無	
	泡の色	灰黒色・茶褐色・白色	
	泡のベタツキ	有・無	
脱窒かく拌時の水面の発泡		有・無	

○スケジュール確認表

工程の区分	時間割	備考
脱窒工程（汚水投入）	時間/日	
硝化工程（曝気）	時間/日	
沈 殿 工 程	時間/日	
処理水排出工程	時間/日	余剰汚泥引き抜き　　分間
全工程	24　　時間/日	

○タイムスケジュール

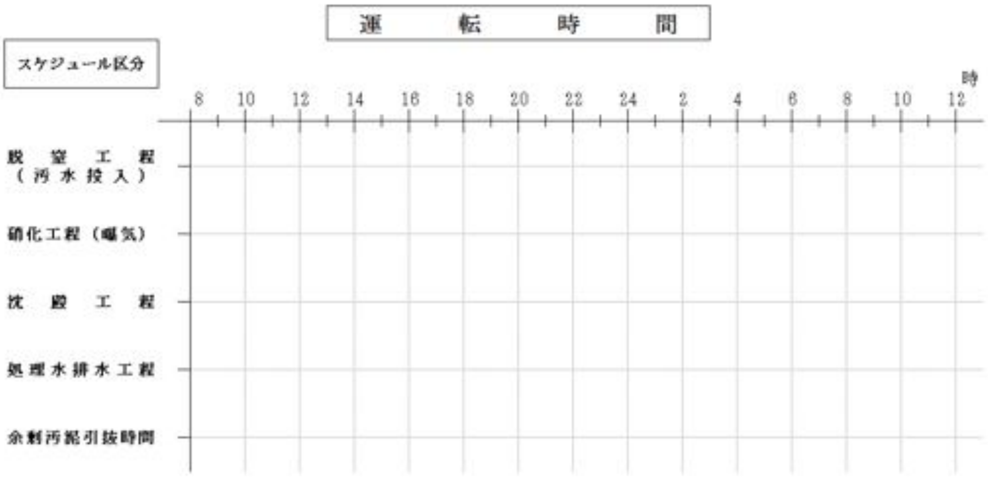


図7-28　管理日誌の記録用紙の例

10．複合ラグーン法

（1）ここで対象とする施設の構造

豚舎などから排出されたふん尿の汚水（以降、原水）を固液分離機などで一次処理をした後、流量調整槽に貯留し、複合ラグーン槽による二次処理を行う構造である（図7-29）。施設によっては、この後に凝集分離などの三次処理を行っているところもある。

複合ラグーン槽にDO、ORP、pHなどのセンサーが標準的に設置されており、その値を自動計測し、記録された各センサーの波形を解析することにより、汚水の負荷量に応じて最適な曝気時間、曝気強度に調整する。日常の運転については、センサーデータをもとに制御するプログラマブルシーケンサーによる自動運転を基本としている。

複合ラグーン槽で発生する余剰汚泥については、適正な活性汚泥濃度（MLSS）を維持するように定期的に引き抜く。濃度の高い汚泥を引き抜くため、沈殿工程中に汚泥ポンプにより汚泥貯留槽に移送する。

複合ラグーン法における処理の工程は、図7-30に示す回分式活性汚泥法が基本であり、BOD、SSの除去とともに窒素も除去される。原水は①流入工程で複合ラグーンに投入され、BOD、SSは②曝気工程において、主に活性汚泥による好気処理により分解・浄化される。窒素除去は、②曝気工程の好気条件下において、活性汚泥に含まれる硝化細菌の働きによって原水中に含まれるアンモニア性窒素を亜硝酸性窒素や硝酸性窒素に変化させ、次の③沈殿工程で脱窒条件にすることにより、脱窒菌の働きで窒素ガスへと変化させて大気中に放出することによる（図7-31）。

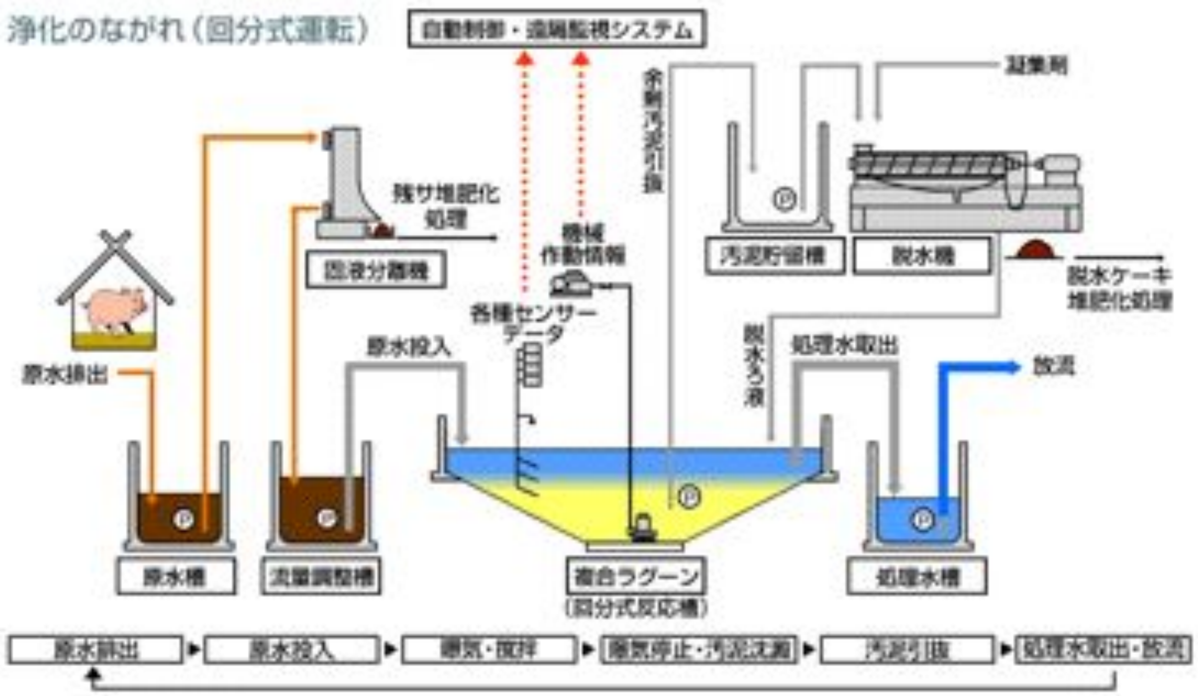


図7-29　設備の構造のイメージ図（フロー図）

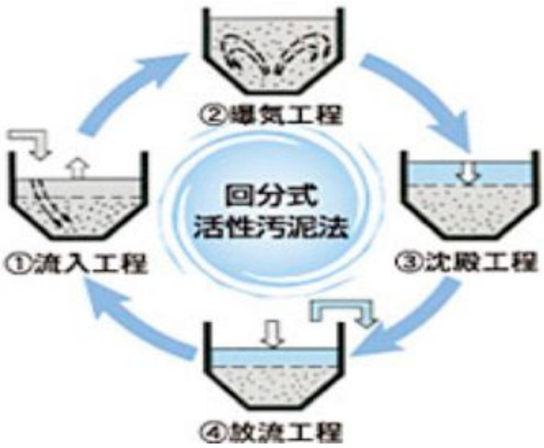


図7-30　複合ラグーン法の処理の回分運転の工程

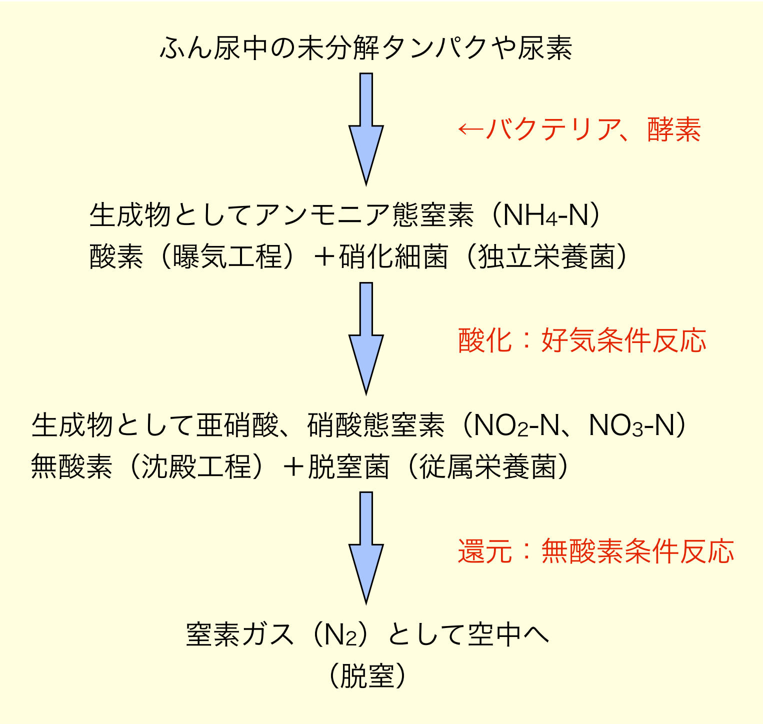


図7-31　窒素除去の流れ

北海道や東北地方の厳寒地においては、冬場に複合ラグーンの水温が低下する。窒素除去を安定的に行うためには、最低でも水温10℃以上を確保する必要がある。水温が下がり【異常状態】に陥ることがないように、複合ラグーンを露天にせず、設計当初から屋根を被せるなどの保温対策の工夫をメーカーと相談して行うべきである。

複合ラグーン法の回分運転の工程は「5．回分式活性汚泥法（間欠曝気や脱窒撹拌のないもの）」と同じであるが、通常の回分式の曝気槽よりも複合ラグーン槽は大きな容積で水利学的滞留時間が長くなっていること、曝気工程のほとんどがDOの低い状態で硝化が進むこと、センサー設置による適切な曝気量の調整がなされることなどの特徴により、窒素除去効果を高めている。

曝気槽の容積は、流入するBOD量をもとに設計されている。窒素の除去を行うためには、BOD容積負荷が0.2kg/m^3・日を超えない設計が妥当である。

（2）日常管理の方法

下記の要点を確認し、通常運転の管理を行なう。

- 複合ラグーン槽には、DO、ORP、pHのセンサーが常設されているのが標準である。これらのセンサーの数値を確認しながら管理する。
- 曝気工程の後半にDOが立ち上がっていることを確認する。
- DOの立ち上がりが早い場合や、高い数値（6～8㎎/ℓ）を示す場合は曝気時間や曝気出力を減じる。
- 同じく、ORPセンサーの値が、曝気工程終了時に＋100mV程度、沈殿工程中の無酸素状態において-200mV程度の値になっていることを確認する。
- ORPの数値が、曝気工程中においてもプラス（＋）にならない時には、時間・台数・出力などで曝気を増強する。また、沈殿工程中の無酸素状態において、ORPの値がマイナス（－）に下がりにくい状態が続くときは、上記と逆の手法で曝気を減少する。
- DOやORPなどのセンサーが常設されていない場合は、処理状況の安定しているときの曝気工程終了時のpHを測定し、その値がアルカリ性側に傾いてきたときには、アンモニアの蓄積があるものと判断して曝気を増強し、逆に酸性側に傾いてきたときには硝酸や亜硝酸の蓄積があるものと判断して曝気を減少する。
- 以上の調整内容や、複合ラグーン槽の状態やSV_{30}、処理水質などを管理日誌に記録する。

（3）【要対処状態】での対処方法

複合ラグーン法の場合、複合ラグーン槽の水利学的滞留時間が長いため、設定を変更した後の変化が出るまでに、他の方式の施設以上に時間を要する。設定を変更したときには、夏期ならば1週間、冬期なら2週間程度、場合によってはさらに長期間、様子を見るようにする。

対処パターン A

アンモニア性窒素×0.4が高いのは、硝化工程が十分でないことを示している。

アンモニア性窒素×0.4が高いときは、投入した酸素が順次アンモニアを硝化（酸化）するのに消費されるため、曝気終了時でもDOが立ち上がらないのが通常である。また、ORPも曝気終了時の値が低い（マイナスもしくはプラスの小さい値）場合が多い。pHも、アンモニア性窒素×0.4が高い場合にはアルカリ性になっており、7を超す場合が多い。

前回の測定よりもアンモニア性窒素×0.4が低くなっていることから、前回に比べて硝化が進んだことを示している。汚水に含まれるアンモニアに加えて複合ラグーン槽内に蓄積しているアンモニアも順次硝化している状態である。基本的には

運転の変更は必要ないが、前回よりもアンモニア性窒素×0.4の減少幅がほとんど変化ないまたは極端に小さい場合には、曝気時間の延長や曝気出力の増加などにより、硝化促進のための曝気強化を図る。このような処置をした場合、ORPの最大値が日増しに高くなるのが通常である。

現状の運転を継続もしくは曝気強化を図ると、次回測定時には、更にアンモニア性窒素×0.4が減少することが想定される。アンモニア性窒素×0.4が順調に減少して最終的に消失したサインとして、蓄積したアンモニアを硝化するのに消費されていた酸素が、硝化されるべきアンモニアがなくなった分だけ余剰になるため、その時点でDOが立ち上がる。DOが立ち上がった時点でアンモニアが消失したものと判断できる。この時点からは【平常状態】の管理となる。

規制値の範囲ながら硝酸＋亜硝酸性窒素が60㎎/ℓとやや高めの値である場合には、上記曝気調整により硝化が過度に促進され、アンモニア性窒素×0.4が減少する一方で硝酸＋亜硝酸性窒素が増加するといったことが起きかねない。このような場合には、一旦、脱窒工程を促進する「対処パターンD」経由し、その後「対処パターンＣ→対処パターンＢ→対処パターンＡ」の順で対処する。

DOやORPのセンサーがない場合には、曝気工程終了時のpHを測定する。アンモニアが減少することで、その値が中性の7に近づいて行くが、過度の硝化促進を行うと酸性に傾く。急激なpHの低下に注意し、酸性に傾き始めた時点で曝気を減少させる調整が必要である。

対処パターン B

アンモニア性窒素×0.4が高いのは、硝化工程が十分でないことを示している。

アンモニア性窒素×0.4が前回よりも高くなっているのは、汚水に含まれるアンモニアを硝化しきらずに複合ラグーン槽にアンモニアが蓄積していることを示している。このような場合には、曝気で投入した酸素が毎日流入するアンモニアを硝化するのに必要な量に対して不足しており、DOの存在しない無酸素状態が曝気中も継続し、脱窒が促進される状態である。したがって、硝酸や亜硝酸の蓄積は見られず、DOは立ち上がらず、ORPも低いのが通常である。また、アンモニアが蓄積しているのでpHも7を超してアルカリ側になっている場合が多い。

硝化工程が十分でないことは、曝気が不足しているのとほぼ同義であり、BODについても、十分に浄化されずに処理水に残存している場合が多い。また、複合ラグーン槽内の活性汚泥の色調が黒みかかった褐色になり、処理水の透視度も不良である。このような場合には、明らかに曝気が不足していることを示しているので、曝気時間の延長や曝気出力の増加により、曝気を増強する。この調整の過不足の判断は、曝気工程終了時のpHを計測し、日々酸性側に傾いているのならばそのままで、アルカリ側に傾いたままであれば再度曝気を増強する。

上記のような調整にてアンモニア性窒素×0.4は減少するので、その後は「対処パターンＡ」で対処する。

対処パターン C

硝酸＋亜硝酸性窒素が高い場合には、硝化は十分行われているが、脱窒は十分でないことを示している。

前回より硝酸＋亜硝酸性窒素が低くなっており、アンモニア性窒素×0.4が低い場合は、硝化と脱窒のバランスが取れてきていることを示しているので、そのままの運転を継続する。硝酸＋亜硝酸性窒素が減少して消失したサインとして、沈殿工程中の無酸素状態において脱窒が完了した結果として、ORPの値が-200mV以下まで下がる。アンモニアの蓄積を伴わない場合には、平常状態と同じように、曝気工程後半にDOが立ち上がる。

前回より硝酸＋亜硝酸性窒素が低くなっているが、アンモニア性窒素×0.4が前回より高い場合も、硝酸＋亜硝酸性窒素が消失するまで、そのままの運転を継続する。上記と同様に、ORPの値がマイナス側に大きく下がった時が消失したサインになるので、その時のアンモニア性窒素×0.4の値から判断し、以降は「対処パターンB→対処パターンA」で対処する。

硝化は十分だが脱窒が不十分の場合、複合ラグーン槽の活性汚泥の色は、明るい茶褐色の場合が多く、上記のような対処を行うことで、結果として曝気を減少することになるため、活性汚泥の色は黒っぽいものに変化していく。

処理水中に硝酸＋亜硝酸性窒素が含まれていることから、放流工程においてpHは酸性を示す。対処を行うことで硝酸＋亜硝酸性窒素が減少するので、この時点でのpHの動きは酸性側からアルカリ側に傾く。DOやORPのセンサーが常設されていない場合には、このpHの値が有効である。

対処パターン D

硝酸＋亜硝酸性窒素が前回よりも同じもしくは高くなった場合は、明らかに曝気過多であるので、曝気を減少する。

このように曝気過多のときには、処理水の透視度がよくなる場合もある。ORPの動きがマイナス側に行かなくなり、放流時のpHが酸性側に傾き、処理水の透視度が良くなってきた場合には、硝酸や亜硝酸が蓄積している可能性が高いので要注意である。また、水温が低くなったときほど、このような状態に陥りやすいので、水温が低下し始める秋口から注意する必要がある。

曝気を減少する調整で、硝酸＋亜硝酸性窒素が低下した後、「対処パターンC→対処パターンB→対処パターンA」の順で対処する。

対処パターン E

硝酸＋亜硝酸性窒素とアンモニア性窒素×0.4の両方が高いのは、硝化および脱窒の両方が十分でないことを示しており、活性汚泥の持つ機能が発揮されていない。

このような状態に至った経緯は、硝化が十分であったものの脱窒が不十分で、硝酸や亜硝酸の蓄積が始まり、その蓄積量が多くなったことで硝化も不十分にな

ったものである。「対処パターンD」で記述した対処を怠った場合に陥る異常である。このような状態になった時は、処理水質も不良であり、透視度もよくない。

この原因の発端は、曝気過多の状態が継続されたことによる場合が多く、この対処のとして、曝気を減少し、脱窒を促進させて硝酸と亜硝酸の消失を図ったものである。これにより硝酸＋亜硝酸性窒素が減少してきているので、基本的にはそのままの運転を継続し、その後「対処パターンD」とほぼ同じ対処を施し、「対処パターンC→対処パターンB→対処パターンA」という対処となる。ただし、硝酸や亜硝酸とアンモニアが同時に蓄積することは、かなり異常な事態であり、各種対処を施しても数か月かかる場合がある。また、このような状態に陥るのは水温が低い冬場が多く、場合によっては水温が戻る春先まで回復がずれこむこともあるので、このような状態にならないように注意すべきである。

対処パターン F

このような状態は、「対処パターンE」を処方する前の曝気過多状態が長らく続き、その結果として脱窒も硝化も滞り、硝酸＋亜硝酸性窒素およびアンモニア性窒素×0.4の濃度が高くなったものである。

対処としては、曝気過多状態を止め、脱窒を促進させることを最優先にすることが重要である。次回の測定でアンモニア性窒素×0.4の低下が認められるならば、そのまま「対処パターンE」に準じて対処する。次回の測定においてもアンモニア性窒素×0.4の低下が認められない時は、【異常状態】と判断して速やかに汚水処理メーカーや専門家に相談するべきである。

対処パターン G

硝酸＋亜硝酸性窒素とアンモニア性窒素×0.4の両方が高い場合は、脱窒と硝化が滞ったために起こるもので、何の対処も施さなければ更に両方とも増えることになる。

「対処パターンF→対処パターンE」に準じて対処を行えば、硝酸＋亜硝酸性窒素が低下することはあっても、アンモニア性窒素×0.4が低下することはない。したがって、このような状態が発生することは通常はあり得ないため、【異常状態】として汚水処理メーカーや専門家に速やかに相談するべきである。

対処パターン H

曝気過多の状態が続き、硝化は機能しているが、脱窒が滞っているため、硝酸＋亜硝酸性窒素が上昇し、アンモニア性窒素×0.4が低下しているものである。

この状態が継続すると、硝酸＋亜硝酸性窒素の上昇のみならず、アンモニア性窒素×0.4の増加を招いて【異常状態】に陥る可能性が高い。曝気を減少し、硝酸＋亜硝酸性窒素を低下させた後に「対処パターンF→対処パターンE」で対処する。

11．沈殿分離による循環式硝化脱窒法

（1）ここで対象とする施設の構造

本処理法は、硝化槽の前段に脱窒槽を設け、硝化槽で硝化された混合液を脱窒槽に循環し、汚水のBODを利用して脱窒を行う方法である（図7-32）。硝化槽の後に、さらに第二脱窒槽を設ける場合もある。硝化槽の後の沈殿槽は、他のタイプの施設よりも汚泥の沈降性が悪くなることがあるため、滞留時間と水面積負荷に十分な余裕を持たせる必要がある。また、汚水の投入は、硝化槽の後の沈殿槽での汚泥の分離に影響するため、計量槽や定量ポンプなどで、一定の流速を保つことが重要である。

脱窒槽と硝化槽を合わせた容積は、総窒素汚泥負荷を0.03kg/kgMLSS・日を超えない設計が妥当である。

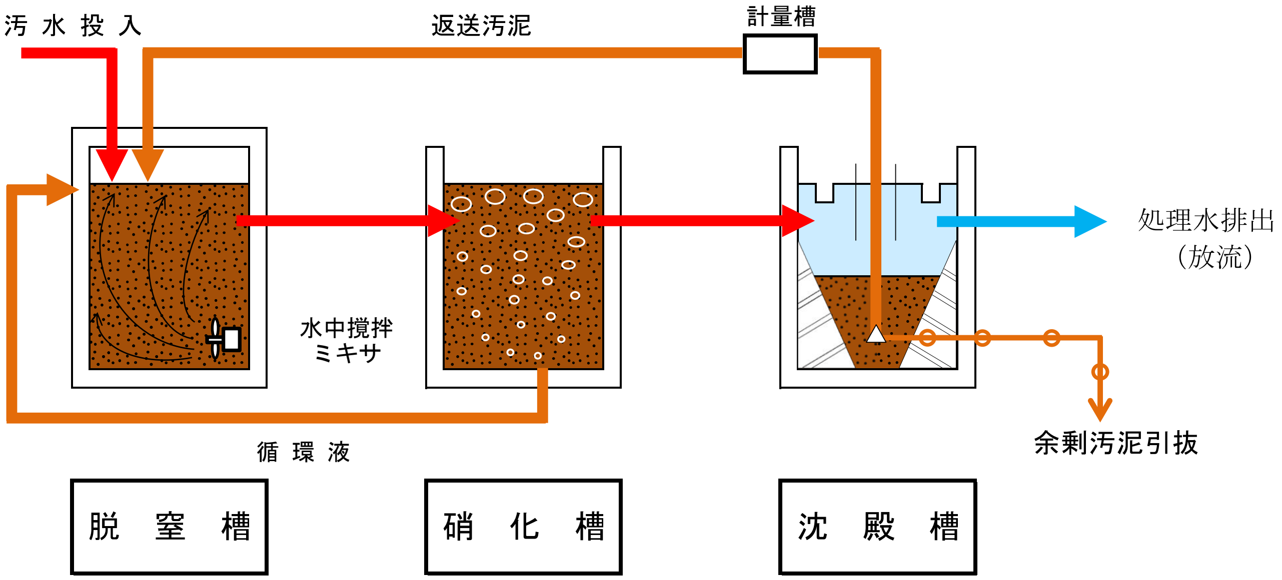


図7-32　沈殿分離による循環式硝化脱窒法の概要

（2）日常管理の方法

下記の要点を確認し、通常運転の管理を行なう。

- 硝化槽の様子やSV_{30}、処理水質、各機器の稼働状況などを、日常的に確認する。
- 日常管理として調整する項目として、曝気槽の曝気量、汚泥量がある。
- 日常管理として図7-33に示すような管理項目の日誌を記録する。
- 安定している状態をデータ化して記録を残す。

脱窒槽や硝化槽のMLSS濃度、水温、SV_{30}、並びに脱窒槽出口と硝化槽出口のpH、DO、ORPの推移など。

脱窒槽や硝化槽の発泡量や泡の色、沈殿槽のスカムなどの状態を写真に撮り、上記の実測値とあわせてノートに整理したり、パソコンでデータベース化したりすると、今後の管理の参考になる。

○運転条件

項目	単位	運転値	設計基準値（メーカー作成値）
汚　水　量	m^3/日		
脱窒槽の容積	m^3		
硝化槽の容積	m^3		
沈殿槽の水面積負荷	m^3/m^2・日		
沈殿槽の滞留時間	時間		
総ＢＯＤ容積負荷	ｋｇBOD/m^3・日		
総ＢＯＤ・ＭＬＳＳ負荷	ｋｇBOD/kg・MLSS・日		
総Ｔ－Ｎ容積負荷	ｋｇT-N/m^3・日		
総Ｔ－Ｎ・ＭＬＳＳ負荷	ｋｇT-N/kg・MLSS・日		

○運転管理確認値

管理項目		単位	管理値
脱窒槽・硝化槽	SV_{30}	％	脱窒槽ＳＶ$_{30}$：　　硝化槽ＳＶ$_{30}$：
	水温	℃	脱窒槽水温：　　硝化槽水温：
脱窒槽（出口側）	pH		
	DO	㎎/ℓ	
	ORP	ｍV	
硝化槽（出口側）	pH		
	DO	㎎/ℓ	
	ORP	ｍV	
硝化槽の発泡	発泡量	水面が見えない・やや多い・少ない・無	
	泡の色	灰黒色・茶褐色・白色	
	泡のベタツキ	有・無	
脱窒槽の水面の発泡		有・無	
返送汚泥量		m^3/時　・　Q	
循環液量		m^3/時　・　Q	

図7-33　管理日誌の記録用紙の例

（3）【要対処状態】での対処方法

対処パターン A

アンモニア性窒素の硝化不足である。

アンモニア性窒素の濃度が高い場合、硝化槽に発泡が見られる。DOまたはORPが測定できるならば、硝化槽後段で値の上昇が見られるまで曝気を強くする。DOまたはORPが測定できない場合は、とりあえず現状を維持する。この状態で、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。

対処パターン B

アンモニア性窒素の硝化不足である。

アンモニア性窒素の濃度が高い場合、硝化槽に発泡が見られる。曝気装置の不調や散気管の目詰りなどで曝気が弱くなっていないか確認する。曝気を強くす

る。この状態で、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。1～2週間経過しても、硝酸＋亜硝酸性窒素とアンモニア性窒素×0.4の濃度に変化が見られないときは、さらに曝気を強化する。

対処パターン C

脱窒不足が解消されつつある状態である。

DOまたはORPが測定できるならば、硝化槽後段で値が高すぎる場合は、曝気を弱くする。DOまたはORPが測定できない場合は、とりあえず現状を維持する。この状態で、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。

対処パターン D

脱窒不足の状態である。

BOD/N、脱窒槽水温、循環液量、脱窒時間を確認して基本設計値が維持できていない部分を改善する。汚泥濃度が少ない場合は、余剰汚泥の排出量を減らす。DOまたはORPが測定できるならば、硝化槽後段で値が高すぎる場合は、曝気を弱くする。この状態で、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。1～2週間経過しても、変化が見られないときは、硝化槽出口のpHが6以下ならば汚水を希釈する水量をさらに増やす。pHが6よりも高いならば、曝気を弱くする。

対処パターン E

汚泥濃度が低下、水温またはpHの低下による微生物活性の低下、または汚水の増加である。

硝化槽出口のpHが6～8（正確に測定できるならば6.5～7.5）の範囲外であったり、本来の設計よりも過剰な汚水が流入している場合は、【異常状態】として対処する。

上記以外の場合は、余剰汚泥の排出量を減らす。この状態で、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。

対処パターン F

汚泥濃度が低下、水温またはpHの低下による微生物活性の低下、または汚水の増加である。

硝化槽出口のpHが6～8（正確に測定できるならば6.5～7.5）の範囲外であったり、本来の設計よりも過剰な汚水が流入している場合は、【異常状態】として対処する。

上記以外の場合は、汚水の増加や一次処理の異常がないか、曝気装置の不調や散気管の目詰りなどで曝気が弱くなっていないかを確認する。余剰汚泥の排出量を減らす。この状態で、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。1～2

週間経過しても、硝酸＋亜硝酸性窒素とアンモニア性窒素×0.4の濃度に変化が見られないときは、さらに余剰汚泥の排出量を減らす。

対処パターン G

汚泥濃度が低下、水温またはpHの低下による微生物活性の低下、または汚水の増加である。

現状のまま、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。

対処パターン H

汚泥濃度が低下、水温またはpHの低下による微生物活性の低下、または汚水の増加である。

現状のまま、夏期なら1週間、冬期なら2週間程度、様子を見る。

12. 膜分離による循環式硝化脱窒法

(1) ここで対象とする施設の構造

「11．沈殿分離による循環式硝化脱窒法」の硝化槽の後の沈殿槽を膜分離槽に置き換えた構造である（図7-34）。活性汚泥と処理水の分離を重力沈殿から精密ろ過膜（MF膜）による膜分離にすることで、処理水へSSが流出しない特徴がある。

脱窒槽への一次処理水の流入は、硝化槽や膜分離槽の水位により制御されるため、必ずしも計量槽または定量ポンプが必要ではない。MF膜を硝化槽に設置することで、膜分離槽が硝化槽と分離していない場合もある。

脱窒槽と硝化槽を合わせた容積は、総窒素汚泥負荷を0.03kg/kgMLSS・日を超えない設計が妥当である。

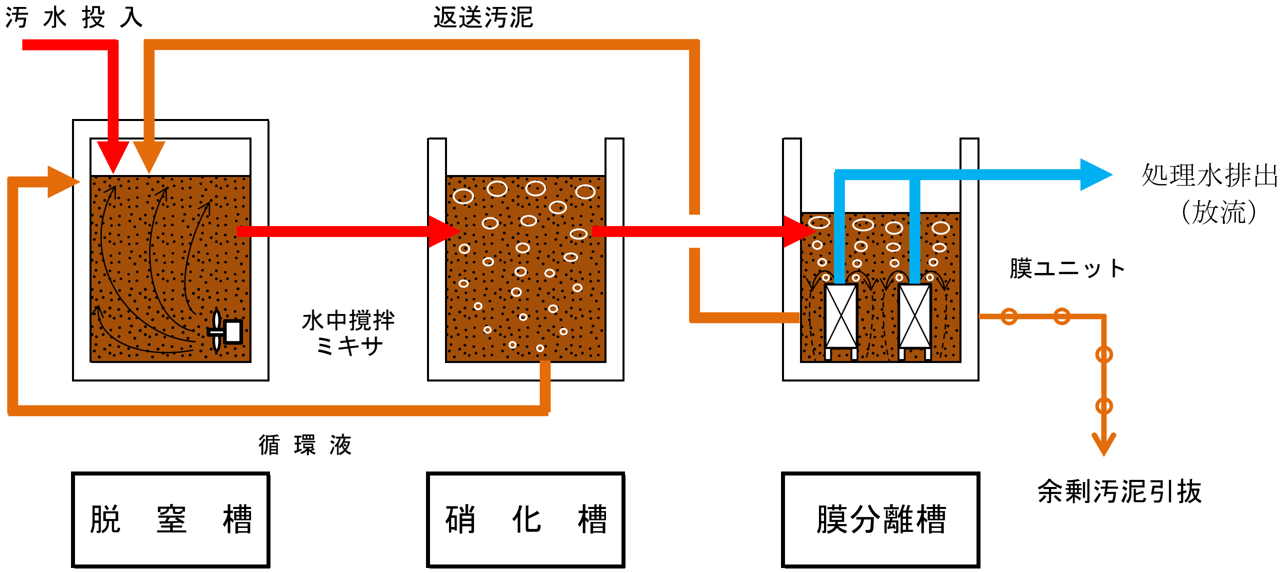


図7-34　膜分離による循環式硝化脱窒法の概要

(2) 日常管理の方法

基本的には「11．沈殿分離による循環式硝化脱窒法」と同じであるが、管理日誌については、膜に関する項目を追加する（図7-35）。

○運転条件

項目	単位	運転値	設計基準値 （メーカー作成値）
汚水量	m^3/日		
脱窒槽の容積	m^3		
硝化槽の容積	m^3		
膜　面　積	m^2		
透過流束(ﾌﾗｯｸｽ)	m^3/m^2・日		
総ＢＯＤ容積負荷	ｋｇBOD/m^3・日		
総ＢＯＤ・ＭＬＳＳ負荷	ｋｇBOD/kg・MLSS・日		
総Ｔ－Ｎ容積負荷	ｋｇT-N/m^3・日		
総Ｔ－Ｎ・ＭＬＳＳ負荷	ｋｇT-N/kg・MLSS・日		

○運転管理確認値

管理項目		単位	管理値
脱窒槽・硝化槽	SV_{30}（汚泥濃度が高いため2倍希釈する）	%	脱窒槽ＳＶ$_{30}$：　硝化槽ＳＶ$_{30}$：
	水温	℃	脱窒槽水温：　硝化槽水温：
脱窒工程（出口側）	pH		
	DO	mg/ℓ	
	ORP	ｍV	
硝化工程（出口側）	pH		
	DO	mg/ℓ	
	ORP	ｍV	
硝化槽の発泡	発泡量	水面が見えない・やや多い・少ない・無	
	泡の色	灰黒色・茶褐色・白色	
	泡のベタツキ	有・無	
脱窒槽の水面の発泡		有・無	
返送汚泥量		m^3/時　・　Q	
循環液量		m^3/時　・　Q	
膜分離吸引圧		kPa	

図7-35　管理日誌の記録用紙の例

（3）【要対処状態】での対処方法

「11．沈殿分離による循環式硝化脱窒法」と同じである。なお、汚泥と処理水の分離を膜分離で行っているため、活性汚泥の量を増やす場合でも、処理水への汚泥の流出に注意する必要がない。ただし、極端に汚泥濃度が高いと、MF膜が目詰りしやすくなったり、汚泥の沈殿や酸素の不足で汚泥が腐敗したりする。

第8章　三次処理での管理指針

1. BOD源の添加による脱窒施設

硝化工程については、曝気槽のDOの把握が重要である。近年では長期的に安定して測定が可能な蛍光方式測定器も市販されている。この形式の測定器は、価格は高いものの、較正などのメンテナンスが他の形式に比べて格段に省力化できるメリットがある。また、ORPで処理状況を把握するのも有効である。ORPはセンサーの特性が使用中に変化するため、絶対値としては精度が低いが、変化傾向を経時的にモニタリングすることで制御に生かすことが可能である。

pHの測定は硝化工程、脱窒工程のどちらでも重要である。曝気槽でのpH低下は硝化の進行を示し、脱窒槽でのpH上昇は脱窒の進行を示す。

目的とする窒素除去がなされているかどうかはアンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素を測定する以外にない。正確な測定を農家自身で行うことは現実的に困難である。試験紙を用いた簡易測定をできるだけこまめに行うことが有効である。

汚水ポンプ、曝気装置、薬注ポンプなどの機械が、正常に稼働しているかどうかの日常点検は、必要不可欠な作業である。

2. 硫黄酸化細菌を利用した脱窒施設

硫黄脱窒法を適用する場合、前段の活性汚泥法による処理で硝化が十分に進んでいることが前提となる。したがって、二次処理施設の硝化工程のDOまたはORPのモニタリングによって硝化に適した条件が維持されているかどうか確認することが重要な点検事項となる。若干過曝気気味になっても硫黄脱窒への支障はない。ただし、極端な過曝気は、二次処理水への汚泥流出の原因になったり、電力の浪費になったりするので避けるべきである。

硫黄脱窒で最も注意を要する点は、硫酸イオンの生成量が中和能力を上回ることによる、処理水のpHの規制値以下への低下である。このため、処理水のpHを適宜測定することが望ましい。測定には、pH試験紙やホームセンターなどで販売されている小型で安価なpH計を利用することができる。なお、水質汚濁防止法で規制されているpHの下限値は5.8である。この数値に近づいた場合は、炭酸カルシウムの投入などにより、pHを上げる対策を行う必要がある。また、処理水のpHが中性であっても、硫酸イオン濃度が

かなり高まっているため、処理水が小水量の沼のような水域に流入すると、硫化物の生成による硫黄臭が発生する可能性がある。したがって、処理水の放流先に常時水流があり、処理水が希釈されながら流下していくような状況にあるかどうかの確認もあらかじめ行っておく必要がある。

何らかのトラブルにより、装置を数日以上停止させるような場合には、停止中に硫黄脱窒槽内の液中に硫化物が発生するため、槽内の液が黒色に濁り、若干の硫黄臭が発生する場合がある。これを防ぐには、停止前には硫黄脱窒槽の液を水道水または地下水で置換しておくことが有効である。

硫黄脱窒槽の管理については、第一に硫黄資材の充填量の確認である。脱窒によって資材は消耗し、資材層の高さが徐々に低下し、脱窒性能が落ちてくる。目的とする性能が維持されるように適宜減少分の資材を追加投入する必要がある。

資材層に懸濁物や増殖した菌体が蓄積すると、資材層中の液の流れが不均一になり、最終的には水みちが形成され、資材と液との接触に支障をきたすようになる。こうなると本来の脱窒性能が得られなくなるため、このような状態になる前に資材層を洗浄する操作（逆洗）を行う。逆洗の方式としては、底部から一定時間強い通気を行った後に汚泥を含む液をドレインバルブから排出させるのが単純であるが、通気と同時に洗浄用の液（処理水などを用いる）を通水して汚泥を洗い出す操作を行えばさらに効果が高まる。逆洗の頻度については、流入水に含まれる懸濁物量や、脱窒量により変わることから、稼働当初は性能の変化を頻繁に把握しながら経験的に適正な頻度を見極める必要がある。砂ろ過などではマノメーターでろ過抵抗をモニタリングし、一定以上の抵抗値になった際に逆洗を実施する手法が利用されているが、硫黄脱窒の場合、資材の粒径が砂に比べて大きいため、抵抗値の変化はわずかであり、この手法を用いることは困難である。一定の期間ごとに逆洗を実施する管理手法の方が現実的だと思われる。

第9章　簡易測定キット

1．簡易測定キットを使用する目的

硝酸性窒素等は処理水の外観では全く判断できない（図9-1）。また、硝酸性窒素等の値を求めるには、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素の3つの成分を測定し、アンモニア性窒素に0.4を乗じた後、3つの値を合計する、非常に煩雑な工程を要する。さらに、浄化処理水の硝酸性窒素等濃度を低減する施設管理を行うためには、処理水に含まれる無機性窒素成分が、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素のどの成分になっているかが、施設の処理状態を把握するための重要な観察項目となる。「畜環研式浄化処理水の硝酸性窒素等簡易測定キット（簡易測定キット）」は、硝酸性窒素等と各無機性窒素の濃度を、現場で、簡単に、迅速に、安価に得ることを目的にしている。

硝酸性窒素等：53mg/ℓ

硝酸性窒素：0mg/ℓ
亜硝酸性窒素：1mg/ℓ
アンモニア性窒素：130mg/ℓ

硝酸性窒素等：627mg/ℓ

硝酸性窒素：610mg/ℓ
亜硝酸性窒素：0mg/ℓ
アンモニア性窒素：42mg/ℓ

図9-1　処理水の外観と硝酸性窒素等濃度の例

2．簡易測定キットの概要

簡易測定キットの測定項目と特徴を表9-1、外観を図9-2に示す。

表9-1　簡易測定キットの測定項目と特徴

【測定項目】	【簡易キットの特徴】
・pH ・亜硝酸性窒素 ・硝酸性窒素と亜硝酸性窒素の合計値 ・アンモニア性窒素に0.4をかけた値	・現場で4分ほどで結果が出る ・特別な道具が必要ない ・比較的安価である ・複雑な計算が必要ない

図9-2　簡易測定キットの外観
※この写真は開発途中のものです。
※製品は2013年内に発売予定です。

簡易測定キットは、アクアチェックNとアクアチェックA（販売元：シーメンスヘルスケア・ダイアグノスティクス株式会社）を改良したものを用いている。アクアチェックNとAは、測定レンジに合わせて適切な希釈操作をすれば、畜産廃水の浄化処理水で比較的良好な測定精度が得られている（図9-3）。簡易測定キットは、どの試験紙も10倍の希釈倍率で水質管理に必要な測定結果が得られるように、発色を調整した試験紙を使用している。また、色見本の表示色数を減らすことで比色判断を簡素化した。色見本に表示してある濃度は、希釈前の濃度とし、アンモニア性窒素はさらに0.4を乗じた値にすることで、計算の手間を省いている。

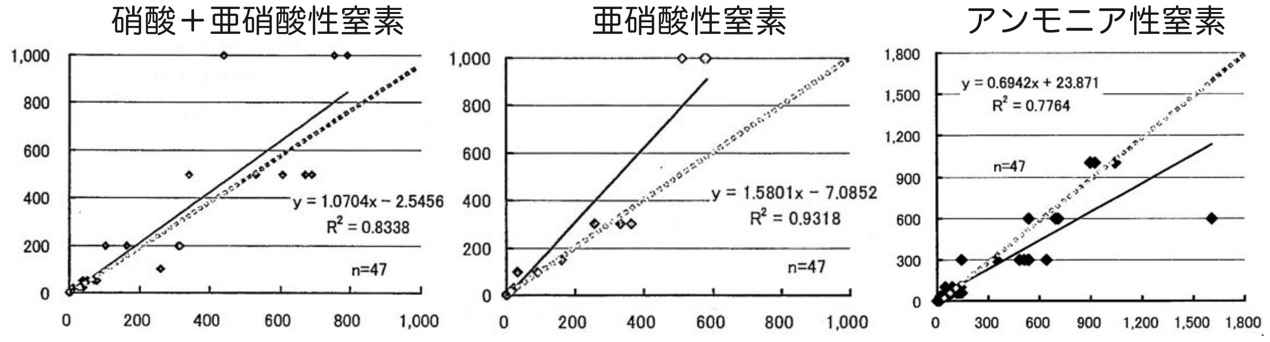


図9-3　畜産廃水の浄化処理水の試験紙による測定精度（文献24から引用）
横軸は精密分析値、縦軸はアクアチェック測定値、グラフの
中の点線は2つの値が一致する場合の線

3. 使用に当たっての注意事項

簡易測定キットの使用方法や注意事項は、このマニュアルが作成された後に変更されている可能性がある。簡易測定キットに添付されている取扱説明書に必ず目を通す必要がある。

（1）測定結果は水質の証明には使えない

簡易な測定であり、測定結果には誤差がある。日常的な処理水質の把握には使用できるが、水質を証明するほどの精度はない。

平成23年4月1日から、特定事業場に該当する畜産事業場の放流水は、1年間に1回以上、公定法で測定した結果を記録・保存することになっている。簡易測定キットは、この測定には使えない。

（2）試験紙は湿り気に弱い

濡れた手で試験紙を取り出したり、容器のフタを開けたままにしない。使用後は、フタをきちんと閉める。

（3）保管場所に気をつける

直射日光に当たるところや、測定する場所よりも温度が極端に低いところ（冷蔵庫など）に保管すると、試験紙の寿命が短くなる。直射日光に当たると試薬の劣化やラベルの色見本の退色の原因になる。冷蔵庫に保管すると、容器のフタを開けたときに外気の湿った空気の水分が結露し、試験紙が湿ってしまう可能性があるため、常温で保管する。

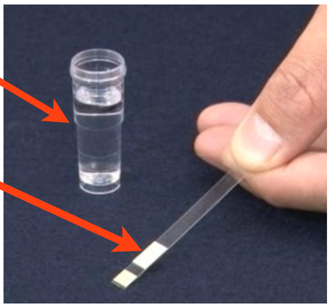


図9-4　アンモニア用の試験紙について目や皮膚などに触れてはならない部分

（4）アンモニア用の試験紙の試薬に気をつける

アンモニア用の試験紙の試薬部分は、強いアルカリ成分が含まれているため、触ってはならない（図9-4）。もし、試薬部分や測定後の液が、目や皮膚などに触れた場合は、水で十分に洗い流す。

（5）消費期限がある

消費期限は約1年である。期限が過ぎる前に使い切らなければならない。

4. 測定前の準備

簡易測定キットで測定するには、キットに入っているものの他に、希釈容器、測定用希釈水、秒単位の時間が計れるもの、が必要である。

（1）希釈容器

希釈容器は、測定の前に浄化処理水を10倍に希釈するのに使用する。10倍に希釈ができれば、特に容器の

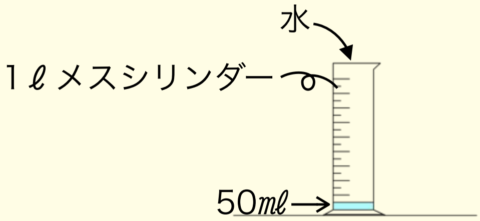
図9-5　希釈容器の例

大きさは問わない。容器の形状は、中身の水位が見え、フタができるもの、できれば口が大きなものが適している。後述する測定用希釈水が十分にあるのならば、フタができなくても、バケツのような容器で、ヒシャクなどで撹拌するようにしてもよい。図9-5に500㎖のペットボトルで作成した例、図9-6にメスシリンダーまたは秤を使って標線を引く方法の例を示す。

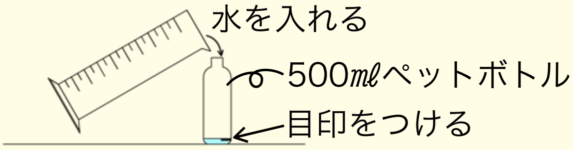
【方法①】メスシリンダーを使う場合

(1) SV30測定用の1ℓ（リットル）のメスシリンダーを使います。

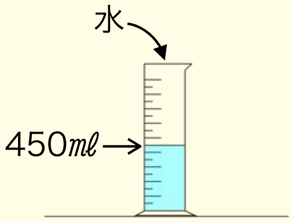
(2) メスシリンダーで50㎖（ミリリットル）の水を測ります。



(3) 容器に水を入れて水位に目印を付けます。



(4) 450㎖の水を測ります。

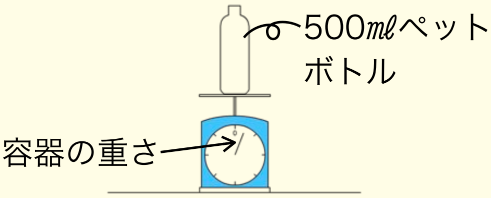


(5) 水を追加して水位に目印を付けます。

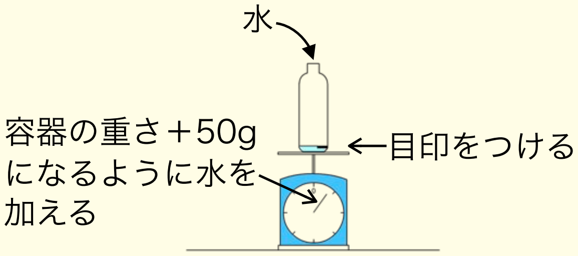
【方法②】重量計を使う場合

(1) 10g（グラム）単位で測れる台所用の重量計を使います。

(2) 容器重量を測ります。



(3) 容器重量＋50gになるように水を入れ、水位に目印をつけます。



(4) さらに水を加え、容器重量＋500gの重さにし、水位に目印をつけます。

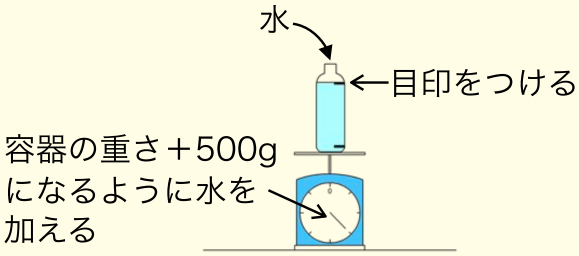


図9-6　希釈容器の作成例

（2）測定用希釈水

測定用希釈水は、測定対象とする処理水を10倍に希釈するのに用いるもので、水道水、井戸水、雨水を溜めたものなどが使える。ただし、下記に示すような水は使えない。

◎硝酸性窒素が2mg/ℓ以上、アンモニア性窒素が5mg/ℓ以上入っている水

測定値は希釈前の濃度として10倍に割り戻しされ、アンモニア性窒素ではさらに0.4を乗じてあるため、そのような濃度が含まれていると、簡易測定キットの測定値に20mg/ℓ以上の値を加算することになる。測定用希釈水に使おうとする水は、図9-7に示す手順で、あらかじめ簡易測定キットで測定し、硝酸性＋亜硝酸性窒素やアンモニア性窒素×0.4の値が20mg/ℓ以下であることを確認する必要がある。

◎pHの測定に影響を与える水

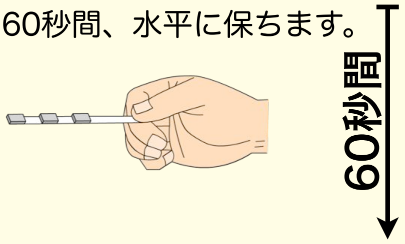
海水、極端な硬水、温泉水など、溶解物の多い水は、pHの値に影響する。

◎発色に影響する水

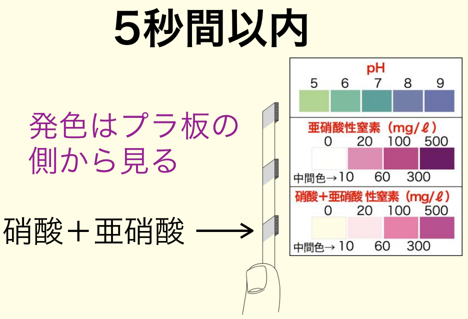
塩素系の消毒薬は、試験紙の発色に影響する。発色した色に影響を与えるほどの着色した水も適さない。濁りについては、試験紙の発色を透明のプラスチック板を通して見ることにより、影響を受けにくい。

(1) 測定用希釈水に使おうとする水に、硝酸,亜硝酸,pH用の試験紙を３つの試薬部分が浸るように１秒間入れます。

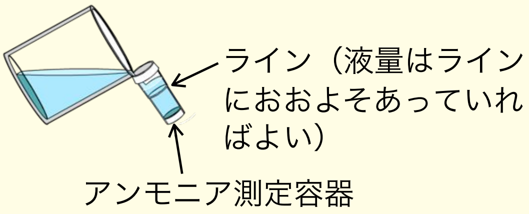
(2) 60秒間、水平に保ちます。



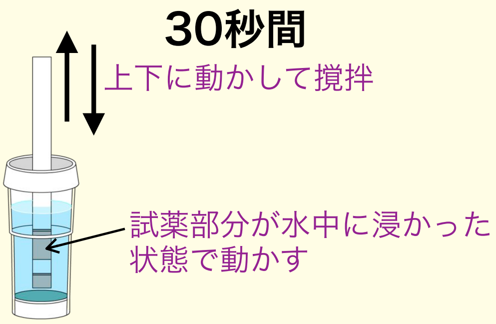
(3) 5秒間以内に硝酸＋亜硝酸の色を比較して値を読み取ります。



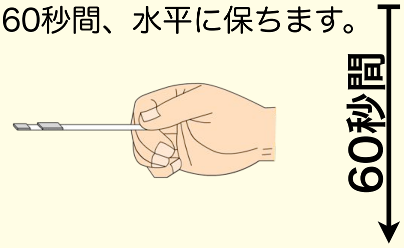
(4) 測定用希釈水に使おうとする水をアンモニア測定容器のラインまで入れます。



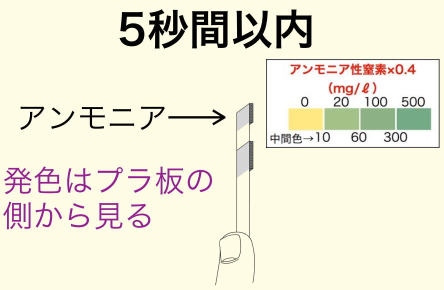
(5) アンモニア用の試験紙を２つの試薬部分まで浸しながら30秒間撹拌します。



(6) 60秒間、水平に保ちます。



(7) 5秒間以内にアンモニアの色を比較して値を読み取ります。



(8) いずれも20㎎/ℓ以下ならば測定用希釈水に使えます。どちらかでも20㎎/ℓを超えた場合、別のところからの水で、再度測定してください。

（注）この測定結果は、測定した水の実際の濃度を表していません。

図9-7　測定用希釈水に使えるかを確認する手順

（3）秒単位の時間が計れるもの

秒単位の時間が計れるものとしては、秒が計れる時計またはストップウォッチなどが使える。時計の方が操作しなくて良いので、手間がかからない。

5. 処理水の採取

簡易測定キットで放流している水を測定すれば、硝酸性窒素等の基準を満たしているかどうかの確認になる。しかし、消毒用の塩素剤が混入していると正しい測定結果がでないため、処理水を採る場所の注意点は、なるべく放流に近い水であること、塩素剤による消毒前であることの2点である。

消毒後に希釈して放流している場合は、消毒前の水を測定し、測定値を希釈倍率で割ることで、硝酸性窒素等の基準を満たしているかどうかを判断する。消毒後の処理水しか採水できない場合は、採水後に1日ほど放置して、塩素剤の影響が少なくなった後に測定する。

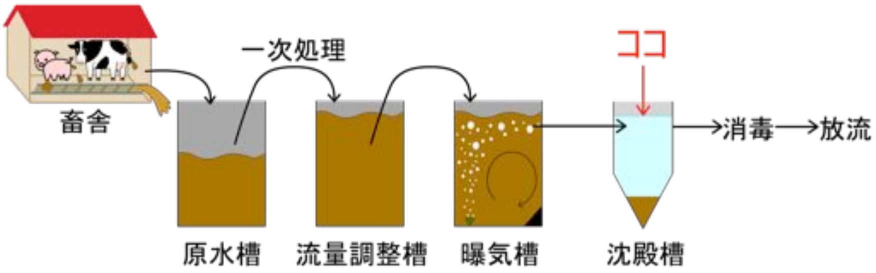
曝気槽の後に沈殿槽がある施設では、その上澄み液を採取する（図9-8（a））。この場合は、スカムなどの濁り成分がなるべく入らないようにする。

膜分離を行っている施設では、膜分離水を採取する（図9-8（b））。

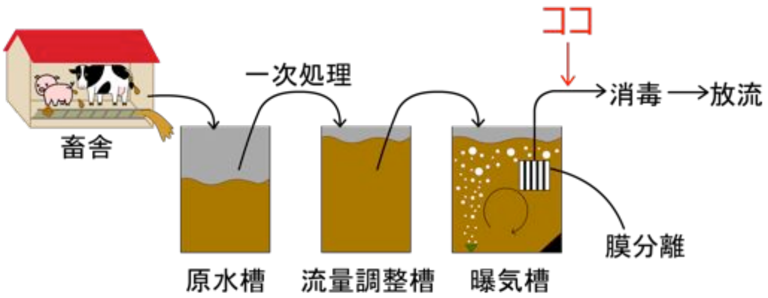
回分式の施設では、処理水放流時の水を採取する（図9-8（c））。夜間や早朝に放流している場合は、放流水の一部が貯留されるような場所から採取する。もし、そのような場所がないときは、途中にバケツなどを設置して溜まるように工夫する。

二次処理の後に、三次処理を行っている施設（図9-8（d））でメタノール脱窒や人工湿地などの窒素除去が見込まれる設備がある場合は、平常時は、硝酸性窒素等の基準を満たしているかどうかを確認するために放流水を測定すればよいが、異常時は、二次処理の状態や三次処理の機能を確認するために二次処理直後の二次処理水の測定も必要である。

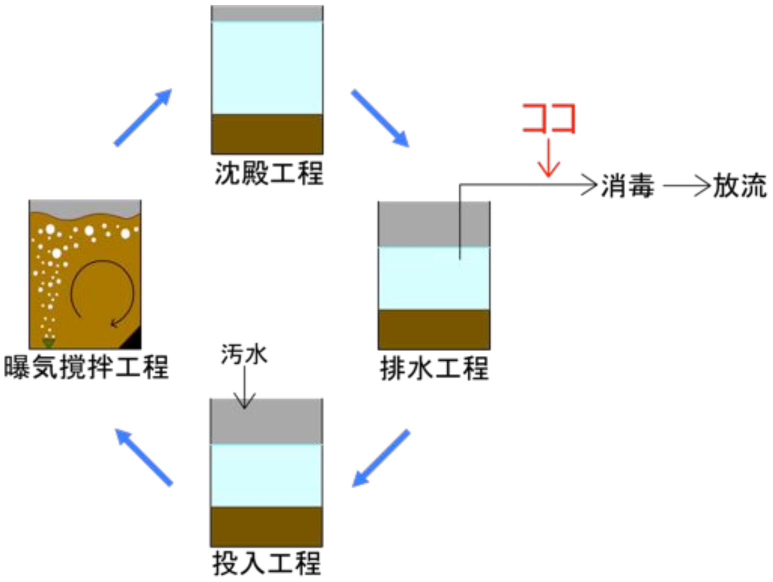
(a)最終沈殿槽がある施設の場合



(b)膜分離を行っている場合



(c)回分式の場合



(d)三次処理を行っている場合

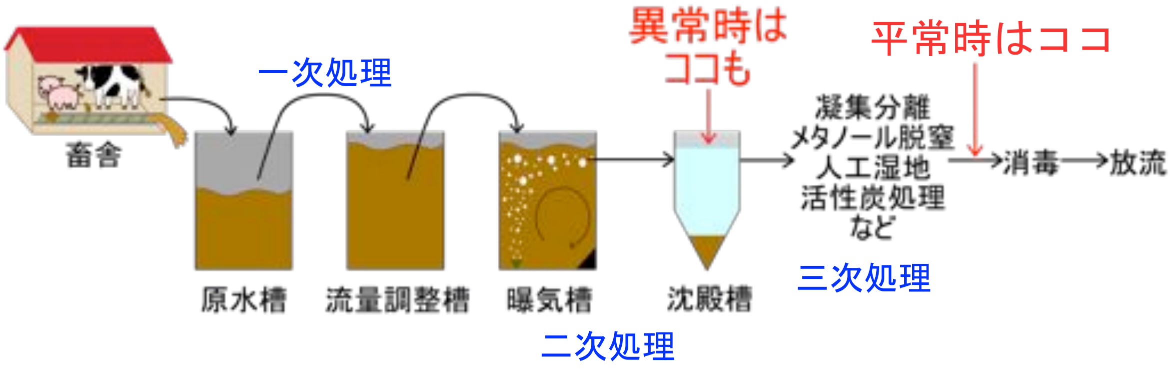


図9-8　処理水の採水位置

6. 測定の手順

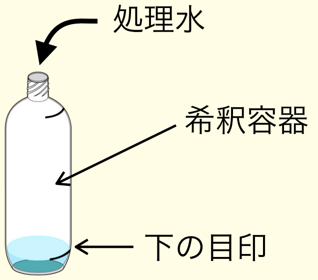
簡易キットの測定手順を図9-9に示すが、修正される可能性があるため、添付されている取扱説明書にしたがって行う。正しく測定するためのポイントを下記に示す。

- 測定前に処理水を10倍に希釈する。
- 試験紙を液から出した後、振ったり傾けたりせずに水平に保持する。液から出した後に振ると、試験紙の試薬部分から溶け出た試薬が、隣りの試薬部分に混ざって正常な発色をしないときがある。
- 試験紙を液に浸す時間、水平に保持する時間、比色する時間を守る。
- 比色は明るい場所で素早く行う。ただし、晴天の直射日光は明るすぎなので避ける。試薬部分の発色は、指定の待ち時間が経過した後も変化し続けるため、指定の時間内に比色する。
- 発色は、必ず試験紙が貼付けてある透明のプラスチック板の側から見る。こうすることで、濁り成分が試薬部分に張り付いて比色に影響することを防ぐことができる。
- 測定後の希釈容器とアンモニア測定容器は、使用後に水洗いする。
- 使用期限を過ぎた試験紙は使わない。

測 定 の 手 順

(1) 処理水を塩素消毒の前の位置から採ります。

(2) 処理水を希釈容器の下の目印まで入れます。



(3) 測定用希釈水を上の目印まで入れます。

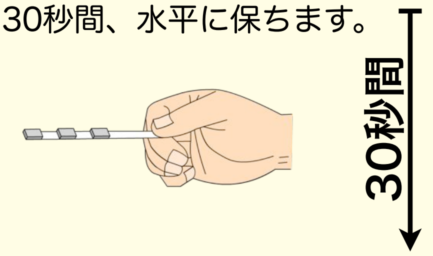
(4) 希釈容器のフタをし、10回ほど上下反転して撹拌します。

図9-9　簡易測定キットによる測定手順

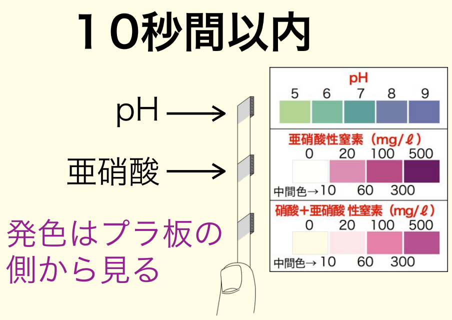
（次ページに続く）

(5) 硝酸,亜硝酸,pH用の試験紙を
3つの試薬部分が浸るように
1秒間入れます。

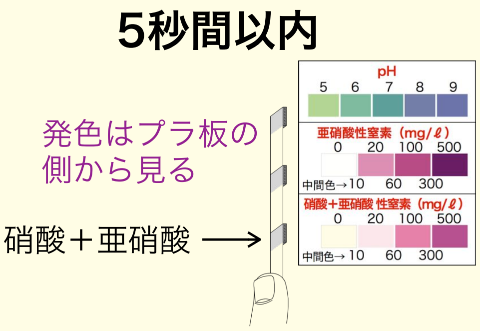
(6) 30秒間、水平に保ちます。



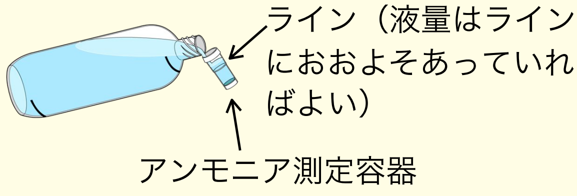
(7) pHと亜硝酸の色を10秒間以内に
比較して値を読み取ります。



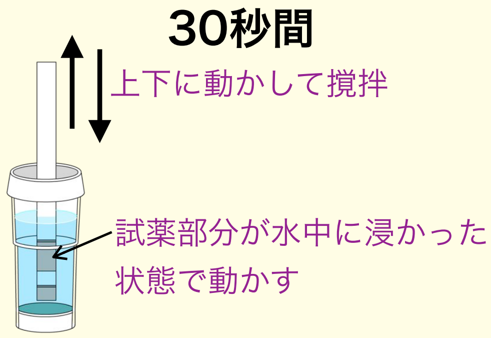
(8) 液から出してから60秒後に、
硝酸＋亜硝酸の色を5秒以内に
比較して値を読み取ります。



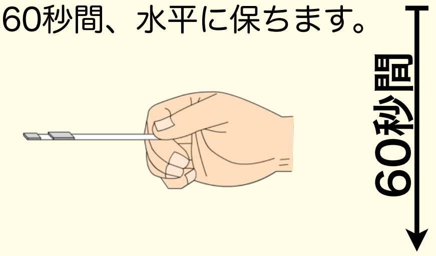
(9) アンモニア測定容器のライン
まで入れます。



(10)アンモニア用の試験紙を2つの
試薬部分まで浸しながら30秒間
撹拌します。



(11)60秒間、水平に保ちます。



(12)アンモニアの色を5秒間以内に
比較して値を読み取ります。

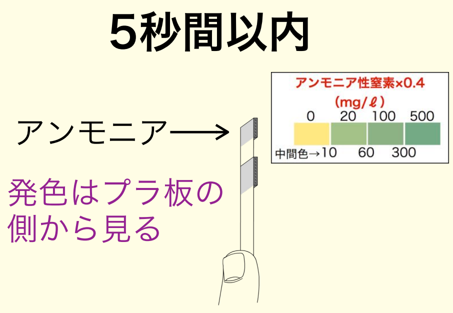


図9-9　簡易測定キットによる測定手順（続き）

色見本の値の読み取りは、色見本（図9-10）に記された値にする。pHならば、5、6、7、8、9とし、6.5や7.8などのような中間の値にはしない。亜硝酸性窒素、硝酸＋亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素×0.4は、ピッタリの色なら0、20、100、500、中間の色なら、10、60、300とし、色見本に記載された数値だけを用いるようにする。これは、比色に要する時間を短くするため、この試験紙がそこまでの精度がないため、後で述べる測定結果から施設管理をするときの判断が複雑になるのを避けるための3つの理由による。

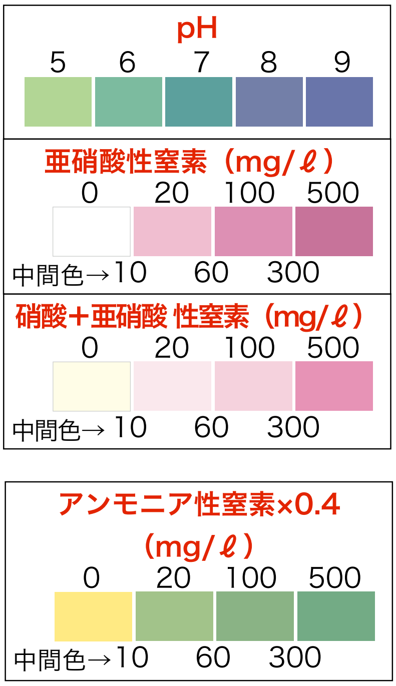


図9-10　簡易キットの色見本

7. 測定値の見方

亜硝酸性窒素、硝酸＋亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素×0.4の色見本に記載されている値は、希釈前の値である（図9-11）。さらにアンモニア性窒素は0.4を乗じた値になっている。例えば、亜硝酸性窒素の色見本から読み取った値が100mg/ℓだった場合、試験紙で測定している希釈した液の亜硝酸性窒素の濃度は10mg/ℓである。また、アンモニア性窒素×0.4の色見本から読み取った値が100mg/ℓだった場合、試験紙で測定している希釈した液のアンモニア性窒素×0.4の濃度は10 mg/ℓであり、アンモニア性窒素の濃度は25mg/ℓである。

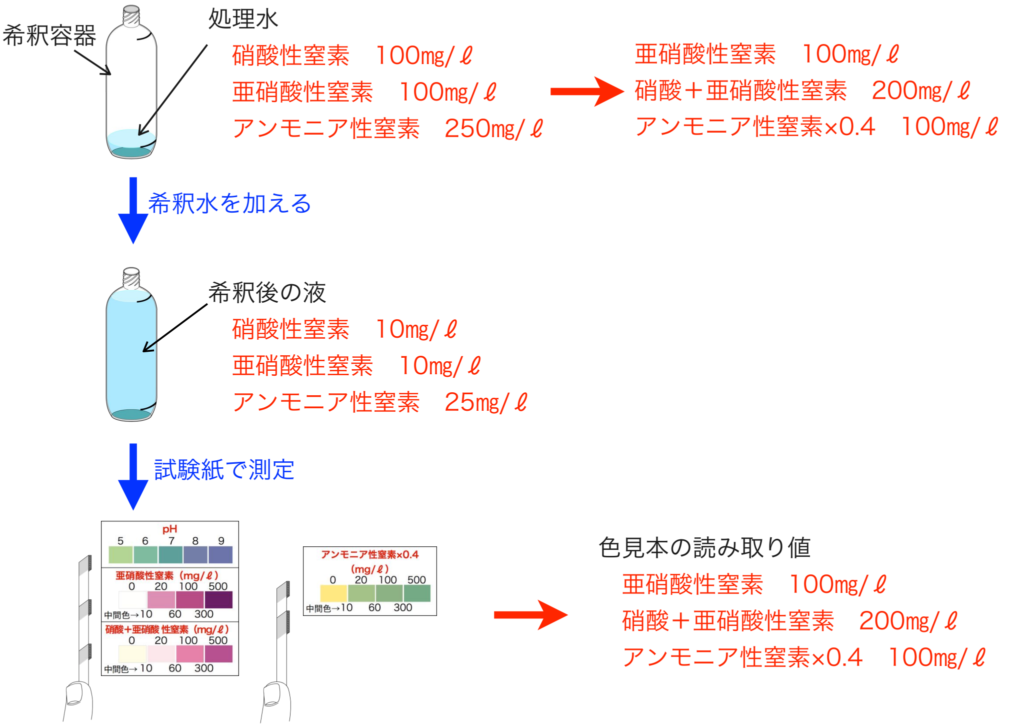


図9-11　処理水の濃度、希釈水の濃度および試験紙の測定値の関係

【硝酸性窒素等の求め方】

硝酸＋亜硝酸性窒素の値とアンモニア性窒素×0.4の値（両方とも色見本で読み取った値をそのまま用いる）を合計すれば、硝酸性窒素等の値になる（図9-12）。この値が100mg/ℓ以下ならば、一般排水基準値を満たしていることになる。

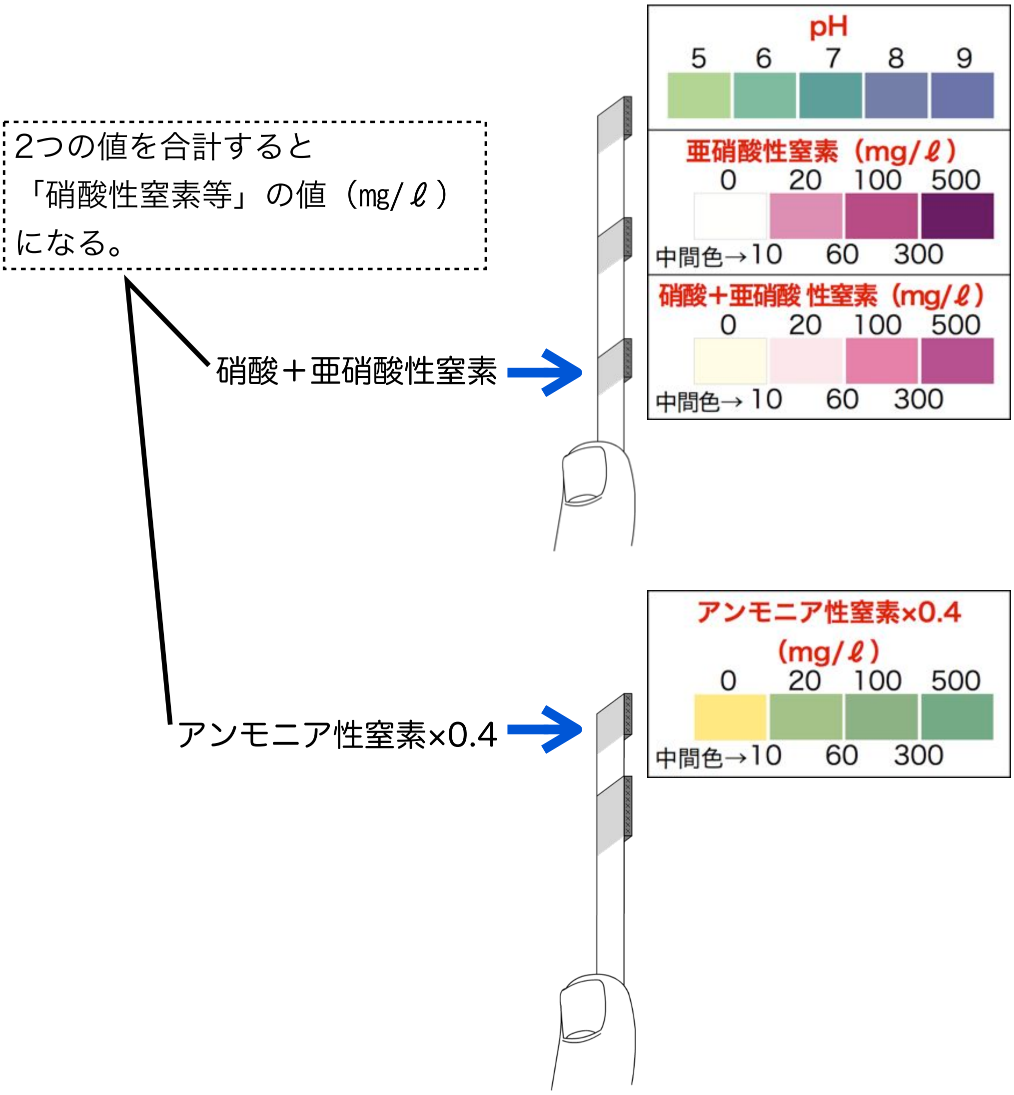


図9-12　硝酸性窒素等の求め方

【日常管理への使用法】

簡易測定キットで測定した値から、基本的には、硝酸＋亜硝酸性窒素の値が高いときは脱窒が弱い、アンモニア性窒素×0.4の値が高い場合は曝気が弱いと判断する。対処方法については、第７章に記載した。

簡易測定キットによる測定は、毎日行うのが理想的であるが、費用や手間を考慮して、週に1回程度は行うようにする。簡易測定キットは、1キットで50回分の試験紙が入っているので、週1回の測定だと1年近く利用できる。

測定値は、各ポンプ類の稼働時間などの施設稼働設定状況、曝気槽のSV_{30}や水温や水面の様子、処理水の色や濁り具合などとともに、管理日誌に記録するようにする。

参考文献

（文献1）ルミノロジーの基礎と応用―高泌乳牛の栄養生理と疾病対策. 小原嘉昭. 2006.

（文献2）日本飼養標準 乳牛（1999年版）. 農林水産省農林水産技術会議事務局編. 中央畜産会, p82, 1999.

（文献3）畜産環境保全論. 押田敏雄, 柿市徳英, 羽賀清典. 養賢堂, p31の表2.9, 1998.

（文献4）回分式活性汚泥法による家畜尿汚水浄化処理技術の検討. 長崎県畜産試験場. 平成16年度長崎県畜産試験場業務報告, 16: 17, 2005.

（文献5）焼酎製造廃液を利用した家畜舎からの汚水の生物学的浄化処理方法. 大分県, 日鉄環境エンジニアリング株式会社. 特願2007-111923. 2007.

（文献6）廃グリセリンを用いた脱窒処理. 向吉郁朗, 西和枝, 西本研了. 鹿児島県工業技術センター研究報告, 23: 23-27, 2009.

（文献7）リアルタイム制御による畜舎排水の高度窒素除去. 金主鉉. 第44回日本水環境学会セミナー「硝酸・亜硝酸性窒素汚染対策に向けた新たな展開」要旨集,76-86, 2002.

（文献8）チオ硫酸ナトリウムを利用した畜産排水の窒素低減技術. 長谷川輝明, 田中康男. 日本畜産環境学会会誌, 11（1）:46-55, 2012.

（文献9）Sulfur: limestone autotrophic denitrification process for treatment of nitrate-contaminated water: Batch experiments. Zhang,T.C., and Lampe,D.G. Water Research, 33: 599-607, 1999.

（文献10）硫黄-石灰石粉混合造粒物を用いた畑地暗渠排水の脱窒処理. 河原塚琢磨, 谷田貝敦, 増島博. 東京農業大学農学集報, 46: 7-12, 2001.

（文献11）イチゴ高設栽培における排液処理（窒素除去）. 静岡県農業水産部. あたらしい農業技術, No.391, 2003.

（文献12）硫黄カルシウム剤による脱窒法. 新日鐵化学（株）技術開発本部編. 化学工業日報社, 2004.

（文献13）硫黄酸化反応による畜舎汚水の窒素除去と脱色. 陳昌淑, 田中康男. 用水と廃水, 43: 1053-1059, 2001.

（文献14）硫黄充填反応槽を用いた嫌気性処理後の畜舎汚水の窒素除去と脱色. 陳昌淑, 田中康男. 日本水処理生物学会誌, 37: 93-98, 2001.

（文献15）畜産汚水を対象とした高度処理に関する研究. 和波一夫, 嶋津暉之, 羽田一幸, 谷田貝敦. 東京都環境科学研究所年報, 2006: 144-149, 2006.

（文献16）畜産汚水を対象とした高度処理に関する研究―硫黄酸化細菌による窒素除去等―. 和波一夫, 嶋津暉之, 羽田一幸, 谷田貝敦. 東京都環境科学研究所年報, 2007: 85-93, 2007.

（文献17）硫黄酸化脱窒による豚舎汚水の活性汚泥処理水の脱窒と脱色. 長峰孝文, 小堤恭平, 古谷修. 日本畜産環境学会会誌, 7（1）: 16, 2008.

（文献18）Autotrophic denitrification and chemical phosphate removal of agro-industrial wastewater by filtration with granular medium containing sulfur, $CaCO_3$ and $Mg(OH)_2$. Tanaka,Y., Yatagai,A., Masujima,H., Waki, M., Yokoyama,H. Bioresource Technology, 98: 787-791, 2007.

（文献19）硫黄・炭酸カルシウム含有粒状資材と軽量発泡コンクリート粒状資材を使用した2段式処理による豚舎排水の脱窒・リン低減. 田中康男, 手島信貴, 篠崎秀明, 谷田貝敦, 横山浩, 荻野暁史. 日本水処理生物学会誌, 45（4）: 165-175, 2009.

（文献20）The combined Sharon/Anammox process. A sustainable method for N-removal from sludge water. Van Dongen,L.G.J.M., Jetten, M.S.M. and van Loosdrecht, M.C.M. IWA Publishing, London, UK, 2001.

（文献21）アナモックス菌. 和木美代子. 畜産技術, 2010年7月号, 56, 2010.

（文献22）Heterotrophic nitrogen removal by a newly isolated Acinetobacter calcoaceticus HNR. Zhao,B., He,Y.L., Hughes,J. and Zhang,X.F. Bioresour Technol., 101: 5194-5200, 2010.

（文献23）Nitrate-removal activity of a biofilm attached to a perlite carrier under continuous aeration conditions. Yamashita,T.,

Yokoyama,H., Kanafusa,S., Ogino,A., Ishida,M., Osada,T. and Tanaka,Y. Biosci. Biotechnol. Biochem., 75（3）: 578-581, 2011.

（文献24）屎尿汚水浄化処理施設における水質管理のための簡易測定法の選定および利用法. 鈴木睦美. 群馬県畜試研報, 18: 71-82, 2011.

　このマニュアルは、畜産排水中の硝酸性窒素低減技術開発普及事業推進委員会の監修と畜産排水中の硝酸性窒素低減技術開発普及事業マニュアル編集委員会の執筆・編集により作成されました。

【畜産排水中の硝酸性窒素低減技術開発普及事業推進委員会委員名簿】

（敬称略、あいうえお順）

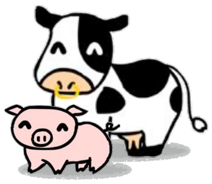
岡城 孝雄	（公財）日本環境整備教育センター 企画情報グループ グループリーダー
亀岡 俊則	NPO法人 バイオガスシステム研究会 理事長
川村 英輔	神奈川県農業技術センター 畜産技術所 畜産環境グループ 主任研究員
後藤 逸男	東京農業大学 応用生物科学部 生物応用化学科 生産環境化学研究室 教授
鈴木 一好	（独）農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所 畜産環境研究領域 上席研究員
田中 康男	（独）農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所 畜産環境研究領域 上席研究員

【畜舎汚水浄化処理施設窒素対応管理マニュアル編集委員会（執筆者）名簿】

（敬称略、あいうえお順）

川村 英輔	神奈川県農業技術センター 畜産技術所 畜産環境グループ 主任研究員
小林 亨	（株）セキネ 営業部 課長
篠崎 秀明	群立機器（株） 専務取締役
篠宮 邦彦	ヨシモトポール（株） 技術開発部 アグリ商品グループ 担当部長
鈴木 一好	（独）農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所 畜産環境研究領域 上席研究員
田中 康男	（独）農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所 畜産環境研究領域 上席研究員
堤 俊樹	（株）戸上電機製作所 環境事業部 部長
長峰 孝文	（財）畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所 主任研究員
森 忠明	（株）モリプラント 代表取締役
横井 星二	ITCグリーン＆ウォーター（株） 森林資源・環境部長

畜産環境技術研究所のホームページでは、このマニュアルを含めて、畜産環境に関する各種情報を公開しており、閲覧、視聴、ダウンロードできます。ご利用ください。



http://www.chikusan-kankyo.jp

畜産環境技術研究所　所在地

畜舎汚水浄化処理施設窒素対応管理マニュアル

平成25年3月25日発行

発行：財団法人 畜産環境整備機構
〒105-0001　東京都港区虎ノ門5-12-1（ワイコービル2階）
TEL　03-3459-6300/FAX　03-3459-6315

編集および連絡先：財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所
〒961-8061　福島県西白河郡西郷村大字小田倉字小田倉原1
TEL　0248-25-7777（代）/FAX　0248-25-7540
メールアドレス：ilet@chikusan-kankyo.jp
ホームページ：http://www.chikusan-kankyo.jp